



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**EK TRAFİK İŞARETLEME UYGULAMALARININ
SÜRÜCÜLER ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

İnş. Müh. Hasan Kahraman ÇAVUŞ
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Ulaştırma Programı

Danışman
Prof.Dr. Mustafa KARAŞAHİN

Aralık, 2012

İSTANBUL



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**EK TRAFİK İŞARETLEME UYGULAMALARININ
SÜRÜCÜLER ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

İnş. Müh. Hasan Kahraman ÇAVUŞ
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Ulaştırma Programı

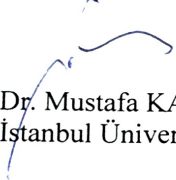
Danışman
Prof.Dr. Mustafa KARAŞAHİN

Aralık, 2012

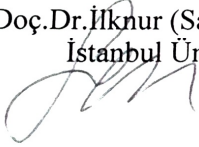
İSTANBUL

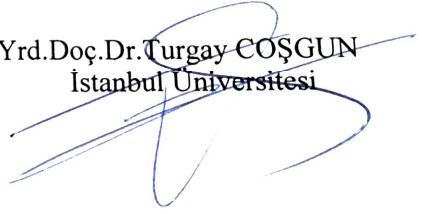
Bu çalışma 20/12/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Ulaştırma programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

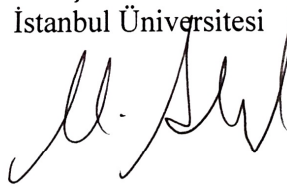

Prof. Dr. Mustafa KARAŞAHİN
İstanbul Üniversitesi


Prof. Dr. Mehmet SALTAN
Süleyman Demirel Üniversitesi


Doç. Dr. İlknur (Sargın) BOZBEY
İstanbul Üniversitesi


Yrd. Doç. Dr. Turgay COŞGUN
İstanbul Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Murat AKAD
İstanbul Üniversitesi



ÖNSÖZ

Değerli hocam Sayın: Prof.Dr.Mustafa KARAŞAHİN'e, Yüksek Lisans eğitimin ve tez çalışmalarım boyunca, engin tecrübe ve bilgileriyle bana verdiği her türlü destek ve yardımlarından dolayı en içten dileklerle teşekkür eder saygılarımı sunarım.

Çalışmam boyunca desteklerini esirgemeyen Sayın Trafik Müdürü Mehmet Necip ERTAŞ'a, Barış PULUR ve Süleyman GÜLER başta olmak üzere bütün çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim. Ayrıca tez çalışmalarım boyunca her koşulda yanımda olan ve desteğini esirgemeyen sevgili eşim Özlem ÇAVUŞ'a ve üzerimdeki emekleri ve özverilerinden dolayı değerli aileme teşekkürü borç bilirim

Aralık,2012

Hasan Kahraman ÇAVUŞ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ŞEKİL LİSTESİ.....	V
TABLO LİSTESİ.....	VIII
SEMBOL LİSTESİ.....	X
RESİM LİSTESİ.....	XI
ÖZET.....	XII
SUMMARY.....	XIII
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	2
2.1. MODERN DÖNEL KAVŞAKLAR	2
2.1.1. Modern Dönel Kavşakların Tanımı	2
2.1.2. Modern Dönel Kavşakların Çeşitleri	2
2.1.3. Modern Dönel Kavşakların Özellikleri.....	3
2.1.4. Modern Dönel Kavşakların Temel İşleyişi.....	3
2.1.5. Modern Dönel Kavşakların Temel Tasarım İlkeleri	6
2.1.5.1. Hız Kontrolü.....	6
2.1.5.2. Dönel Kavşaklarda Kolların Sayısı	7
2.1.5.3. Tasarım Taşıtları	8
2.1.6. Modern Dönel Kavşakların Temel Tasarım Elemanları.....	8
2.1.6.1. Merkez Adanın Çapı.....	8
2.1.6.2. Şeritlerin Sayısı.....	10
2.1.6.3. Dönüş Platformu ve Dönüş Platformunun Genişliği	11
2.2. MODERN DÖNEL KAVŞAKLARDA KAPASİTE	13
2.3. TEK ŞERİTLİ DÖNEL KAVŞAKLARDA AMERİKA KAPASİTE ANALİZ YÖNTEMİ.....	14
2.4. ALMAN KAPASİTE ANALİZ YÖNTEMLERİ	17
2.4.1. Davranışsal Yaklaşım Yöntemi	17

2.4.3. Aralık Kabul Yöntemi	18
2.5. İSVİÇRE KAPASİTE ANALİZ YÖNTEMİ.....	20
2.6. AVUSTRALYA KAPASİTE ANALİZ YÖNTEMİ	20
2.7. AMERİKA KAPASİTE ANALİZ YÖNTEMİ (Kritik Şerit Yöntemi)	21
2.8. DÖNEL KAVŞAKLARDA HİZMET DÜZEYİ ÜZERİNE BİR YAKLAŞIM.....	23
2.9. DÖNEL KAVŞAKLARIN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI	24
2.9.1. Dönel Kavşakların Avantajları	24
2.9.2. Dönel Kavşakların Dezavantajları	24
2.10. TRAFİK İŞARETLERİ	25
2.10.1. Trafik İşaretlerinin Özellikleri.....	25
2.10.2. Trafik İşaretlerinin Algılanabilirliği ve Bilinirliği.....	26
2.10.3. Yatay Trafik İşaretlemeleri.....	27
2.10.4. Düşey Trafik İşaretlemeleri.....	28
2.11. DÖNEL KAVŞAKLARIN İŞARETLENMESİ.....	31
2.11.1. Dönel Kavşaklarda Düşey İşaretleme	31
2.11.1.1. T-24 Dönel Kavşak Yaklaşımı Levhası.....	31
2.11.1.2. TT-1 Yol Ver Levhası.....	32
2.11.1.3. TT-37 Ada Etrafında Dönünüz Trafik İşaret Levhası	33
2.11.2. Dönel kavşaklarda Yatay İşaretleme	35
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	40
3.1. VERİLERİN TOPLANMASI.....	41
3.1.1. Dönel Kavşağın Genel Kullanımı ve Kural İhlalleri.....	43
3.1.2. Dönel Kavşağın Mevcut Geometrisinin Tespiti	46
3.1.3. Dönel Kavşağın Mevcut Trafik İşaretlemesinin Tespiti	47
3.1.4. Dönel Kavşağın Kollarındaki Trafik Akımlarının Belirlenmesi	48
3.2. DÖNEL KAVŞAK KAPASİTESİNİN HESAPLANMASI.....	51
3.2.1. Amerika Kapasite Analiz Yöntemi (Kritik Şerit Yöntemi).....	51
3.2.2. Alman Kapasite Analiz Yöntemi.....	52
3.2.3. Sonuçların Karşılaştırılması.....	53
3.2.4. Dönel Kavşak Kollarının Hizmet Düzeylerinin Hesaplanması	54
3.2.5. Üçüncü Koldaki Hız Ölçümü	56
3.3. BİRİNCİ UYGULAMA	56

3.4. İKİNCİ UYGULAMA.....	61
3.5. ÜÇÜNCÜ UYGULAMA.....	64
3.6. DÖRDÜNCÜ UYGULAMA	64
3.7. BEŞİNCİ UYGULAMA.....	65
4. BULGULAR.....	66
4.1. BİRİNCİ UYGULAMA SONRASI KAVŞAK KOLLARINDA KURAL İHLALİ, TRAFİK HACMİ, KAPASİTE VE HİZMET DÜZEYİNDEKİ DEĞİŞİMLER	66
4.2. İKİNCİ UYGULAMA SONRASI KAVŞAK KOLLARINDA KURAL İHLALİ, TRAFİK HACMİ, KAPASİTE VE HİZMET DÜZEYİNDEKİ DEĞİŞİMLER	71
4.3. ÜÇÜNCÜ UYGULAMA SONRASI KAVŞAK KOLLARINDA KURAL İHLALİ, TRAFİK HACMİ, KAPASİTE VE HİZMET DÜZEYİNDEKİ DEĞİŞİMLER	76
4.4. DÖRDÜNCÜ UYGULAMA SONRASI KAVŞAK KOLLARINDA KURAL İHLALİ, TRAFİK HACMİ, KAPASİTE VE HİZMET DÜZEYİNDEKİ DEĞİŞİMLER	80
4.5. BEŞİNCİ UYGULAMA SONRASI KAVŞAK KOLLARINDA KURAL İHLALİ, TRAFİK HACMİ, KAPASİTE VE HİZMET DÜZEYİNDEKİ DEĞİŞİMLER	84
4.2. ÜÇÜNCÜ YAKLAŞIM KOLUNDA HIZDAKİ DEĞİŞİMLER.....	88
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	89
KAYNAKLAR.....	91
ÖZGEÇMİŞ	93

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1: Modern dönel kavşaklarda sağa dönüş hareketi.....	4
Şekil 2.2: Modern dönel kavşaklarda düz- ileri ilerleyiş hareketi	4
Şekil 2.3: Modern dönel kavşaklarda sola ve U dönüşü hareketi	5
Şekil 2.4: Modern dönel kavşaklarda çıkış konumları hareketi.....	5
Şekil 2.5: Binek aracı için ayrılmış seyir koridoruna ait azami yarıçaplar.....	6
Şekil 2.6: Merkez ada yarıçapı – trafik hacim ilişkisi	10
Şekil 2.7: Trafik hacmi-dönüş platformu ilişkisi	11
Şekil 2.8: Dönüş platformundaki şerit sayısının tayini	12
Şekil 2.9: Dönel kavşağın bir kolunun analizi	14
Şekil 2.10: Dönel kavşak yaklaşım kapasitesi	15
Şekil 2.11: Dönel kavşaktaki trafik akımları (araç hareketleri).....	15
Şekil 2.12: Sağa dönüş şeridinin ayrılması örneği-bypass şeridi.....	17
Şekil 2.13: Farklı dönel kavşaklarda kapasite hesaplama sonuçları	19
Şekil 2.14: Geri yansıtma yüzdeleri ve trafik malzemeleri	30
Şekil 2.15: (T-24) dönel kavşak yaklaşımı levhası	31
Şekil 2.16: (TT-1) yol ver trafik işaret levhası.....	32
Şekil 2.17: (TT-37) ada etrafında dönünüz trafik işaret levhası	33
Şekil 2.18: Dönel kavşak işaretlemeleri	34
Şekil 2.19: Dönel kavşak olmayan adalı bir kavşakta işaretleme örneği	34
Şekil 2.20: Ana yol ve ana yol sonu işaret levhaları	34
Şekil 2.21: Dönel kavşaklarda yatay işaretleme	35
Şekil 2.22: Sık ofset tarama	36
Şekil 2.23: Yol-ver sembolü	37
Şekil 2.24: Trafik işaretlemelerinin giriş kapasitesi ve dönüş hacmi üzerindeki etkisi..	38

Şekil 2.25: Ortak merkezli dönel kavşak işaretlemesi	38
Şekil 2.26: Spiral dönel kavşak işaretlemesi.....	39
Şekil 3.1: Qbasic örnek ekran görüntüsü.....	42
Şekil 3.2: Qbasic örnek ekran görüntüsü (trafik akım tiplerinin sayısı).....	43
Şekil 3.3: Araç birikme alanları	44
Şekil 3.4: Qbasic örnek ekran görüntüsü.....	45
Şekil 3.5: Dönel kavşağın geometrisi.....	47
Şekil 3.6: “Yol ver” ve “Ada etrafında dönünüz” levhalarının kullanımı.	47
Şekil 3.7: TT-35a sağa mecburi yön	48
Şekil 3.8: Kavşaktaki trafik akımları.....	48
Şekil 3.9: Birinci uygulamadaki kavşak kolu	57
Şekil 3.10: Birinci uygulamadaki 2.giriş kolu	57
Şekil 3.11: Birinci uygulamadaki dönüş platformu	58
Şekil 3.12: Birinci uygulamadaki istikamet oklarının ölçüleri	59
Şekil 3.13: Birinci uygulamadan sonra kavşağın genel görünümü.....	60
Şekil 3.14: İkinci uygulamadaki dönüş platformu çizgileri.....	61
Şekil 3.15: İkinci uygulamadaki kavşak kolları.....	62
Şekil 3.16: İkinci uygulamadaki ölçüler.....	62
Şekil 3.17: Birinci ve ikinci uygulamadan sonra kavşaktaki yatay işaretleme.....	63
Şekil 3.18: Üçüncü uygulamada trafik işaret levhası.....	64
Şekil 3.19: Dördüncü uygulamada trafik işaret levhası.....	64
Şekil 3.20: Beşinci uygulamada levhaların birlikte kullanılması.....	65
Şekil 4.1: 1.uygulamadan sonra kollardaki kural ihlal değişimleri.....	66
Şekil 4.2: 1.uygulamadan sonra kritik şerit yöntemine göre kapasite değişimleri.....	68
Şekil 4.3: 1.uygulamadan sonra alman kapasite analiz yöntemine göre kapasite değişimleri	69
Şekil 4.4: 2.uygulamadan sonra kollardaki kural ihlal değişimleri.....	71

Şekil 4.5: 2.uygulamadan sonra kritik şerit yöntemine göre kapasite değişimleri.....	73
Şekil 4.6: 2.uygulamadan sonra alman kapasite analiz yöntemine göre kapasite değişimleri	74
Şekil 4.7: 3.uygulamadan sonra kollardaki kural ihlal değişimleri.....	76
Şekil 4.8: 3.uygulamadan sonra kritik şerit yöntemine göre kapasite değişimleri.....	78
Şekil 4.9: 3.uygulamadan sonra alman kapasite analiz yöntemine göre kapasite değişimleri	78
Şekil 4.10: 4.uygulamadan sonra kollardaki kural ihlal değişimleri.....	80
Şekil 4.11: 4.uygulamadan sonra kritik şerit yöntemine göre kapasite değişimleri.....	82
Şekil 4.12: 4.uygulamadan sonra alman kapasite analiz yöntemine göre kapasite değişimleri	82
Şekil 4.13: 5.uygulamadan sonra kollardaki kural ihlal değişimleri.....	84
Şekil 4.14: 5.uygulamadan sonra kritik şerit yöntemine göre kapasite değişimleri.....	86
Şekil 4.15: 5.uygulamadan sonra alman kapasite analiz yöntemine göre kapasite değişimleri	86
Şekil 4.16: Uygulamalardan sonra 3.kavşak kolundaki hızdaki değişimler	88

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1: Dönel kavşak ve tasarım araçlarına göre merkezi ada çap aralığı.....	9
Tablo 2.2: Dönel kavşaklar için kritik aralık ve takip süresi.....	14
Tablo 2.3: A ve B parametrelerinin değerleri.....	18
Tablo 2.4: Δ ve α değerleri	21
Tablo 2.5: Binek araç eşdeğerleri	21
Tablo 2.6: t_f ve t_c değer aralıkları ve tavsiye edilen değerler	22
Tablo 2.7: Dönel kavşaklar için hizmet düzeyi kriteri.....	23
Tablo 2.8: Trafik işaretlerinin ebatları	28
Tablo 2.9: Görüş mesafesi T-24 levhasının kullanımı	31
Tablo 3.1: Giriş kollarındaki kural ihlalleri yüzdesi.....	46
Tablo 3.2: Giriş kollarındaki trafik hacimleri (zirve saatlerde).....	49
Tablo 3.3: Giriş kollarındaki trafik akımları	50
Tablo 3.4: V_c (sirkülasyon hacmi) değerleri	50
Tablo 3.5: v/c hesaplama sonuçları.....	51
Tablo 3.6: v/c hesaplama sonuçları-2	52
Tablo 3.7: Sonuçların karşılaştırılması	53
Tablo 3.8: Sonuçların karşılaştırılması-2	55
Tablo 4.1: 1.uygulamadan sonra giriş kollarındaki trafik hacimleri (zirve saatlerde)...	67
Tablo 4.2: 1.uygulamadan sonra giriş kollarındaki trafik akımları	68
Tablo 4.3: 1.uygulamadan sonra V_c (sirkülasyon hacmi) değerleri.....	68
Tablo 4.4: 1.uygulamadan sonra v/c değerleri	70
Tablo 4.5: 1. uygulamadan sonra ortalama gecikme süresi ve hizmet düzeyi	70
Tablo 4.6: 2.uygulamadan sonra giriş kollarındaki trafik hacimleri (zirve saatlerde)...	72
Tablo 4.7: 2.uygulamadan sonra giriş kollarındaki trafik akımları	72

Tablo 4.8: 2.uygulamadan sonra V_c (sirkülasyon hacmi) değerleri.....	73
Tablo 4.9: 2.uygulamadan sonra v/c değerleri	74
Tablo 4.10: 2. uygulamadan sonra gecikme süresi ve hizmet düzeyi.....	75
Tablo 4.11: 3.uygulamadan sonra giriş kollarındaki trafik hacimleri (zirve saatlerde)..	77
Tablo 4.12: 3.uygulamadan sonra giriş kollarındaki trafik akımları	77
Tablo 4.13: 3.uygulamadan sonra V_c (sirkülasyon hacmi) değerleri.....	78
Tablo 4.14: 3.uygulamadan sonra v/c değerleri.....	79
Tablo 4.15: 3. uygulamadan sonra gecikme süresi ve hizmet düzeyi.....	79
Tablo 4.16: 4.uygulamadan sonra giriş kollarındaki trafik hacimleri (zirve saatlerde).	81
Tablo 4.17: 4.uygulamadan sonra giriş kollarındaki trafik akımları	81
Tablo 4.18: 4.uygulamadan sonra V_c (sirkülasyon hacmi) değerleri	81
Tablo 4.19: 4.uygulamadan sonra v/c değerleri.....	83
Tablo 4.20: 4.uygulamadan sonra gecikme süresi ve hizmet düzeyi.....	83
Tablo 4.21: 5.uygulamadan sonra giriş kollarındaki trafik hacimleri (zirve saatlerde)..	85
Tablo 4.22: 5.uygulamadan sonra giriş kollarındaki trafik akımları	85
Tablo 4.23: 5.uygulamadan sonra V_c (sirkülasyon hacmi) değerleri	85
Tablo 4.24: 5.uygulamadan sonra v/c değerleri.....	87
Tablo 4.25: 5.uygulamadan sonra gecikme süresi ve hizmet düzeyi.....	87

SEMBOL LİSTESİ

C_a	: Yaklaşım kapasitesi
V_c	: Örölme (sirkülasyon) hacmi
t_c	: Kritik aralık
t_f	: Takip süresi
e	: Euler sayısı
$V_1, V_2, \dots, V_n$	: Trafik akımı
(veh/h)	: Vehicle/Hour- Araç/Saat
(pcu/h)	: (Binek araç)/saat
PHF	: Zirve saat faktörü
v/c	: Hacim/kapasite
T	: Analiz periyodu
Q_z	: Kavşağa girebilecek maksimum akım
Q_k	: Dönüş hareketini yapmakta olan araç sayısı
A ve B	: Gözlemlere bağlı olarak belirlenen parametreler
G	: Basit giriş kapasitesi (pcu/h)
q_c	: Dönüş platformundaki trafik akımı (pcu/veh)
n_c	: Dönüş platformunun şerit sayısı
n_e	: Giriş kolunun şerit sayısı
t_m	: Dönüş platformundaki minimum zaman aralığı
C_e	: Kavşağa bağlanan yolun kapasitesi
Q_c	: Dönüş hareketi yapan araç sayısı
α	: Dönüş akımı içerisindeki serbest araç sayısı
l	: Yaklaşım aralığı dağılımı modeline bağlı bir parametre
Δ	: Dönüş akımı içerisindeki minimum zaman cinsinden aralık
C_{crit}	: Yaklaşımındaki kritik şeridin kapasitesi
d	: Kontrol gecikme süresi
V_{KG}	: Kuzey güney yönlü trafik hacmi
V_{GK}	: Güney kuzey yönlü trafik hacmi
V_{DB}	: Doğu batı yönlü trafik hacmi
V_{BD}	: Batı doğu yönlü trafik hacmi
V_1	: 2.giriş kolunda sola dönen trafik akımı
V_2	: 2.giriş kolunda düz-ileri trafik akımı
V_3	: 2.giriş kolunda sağa dönen trafik akımı
V_4	: 4.giriş kolunda sola dönen trafik akımı
V_5	: 4.giriş kolunda düz-ileri trafik akımı
V_6	: 4.giriş kolunda sağa dönen trafik akımı
V_7	: 3.giriş kolunda sola dönen trafik akımı
V_8	: 3.giriş kolunda düz-ileri trafik akımı
V_9	: 3.giriş kolunda sağa dönen trafik akımı
V_{10}	: 1.giriş kolunda sola dönen trafik akımı
V_{11}	: 1.giriş kolunda düz-ileri trafik akımı
V_{12}	: 1.giriş kolunda sağa dönen trafik akımı

RESİM LİSTESİ

Resim 2.1: A.B.D washington, bellingham da bulunan çok şeritli dönel kavşak.....	7
Resim 2.2: İngiltere swindon’da sihirli dönel kavşak örneği	7
Resim 3.1: Çalışma yapılan kavşak	40
Resim 3.2: Çalışma yapılan kavşak kolları	41
Resim 3.3: Kural ihlalleri ve birikme.....	44
Resim 3.4: Kural ihlalleri ve kümelenme	45

ÖZET

EK TRAFİK İŞARETLEME UYGULAMALARININ SÜRÜCÜLER ÜZERİNDE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Bu çalışmada İstanbul’da seçilen ve izlenen bir dönel kavşakta sürücülerin davranışları ve kavşağı kullanım şekilleri incelenmiş olup, çalışma üç bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde, dönel kavşaklar hakkında genel bilgiler verilmiştir. Dönel kavşağın tanımı ve modern dönel kavşaklar hakkında bilgi verilerek bu geometrik yapıların avantajları ve dezavantajlarından bahsedilmiştir.

Daha sonra dönel kavşaklardaki kapasite hesabı hakkında detaylı bilgiler ve hesaplama yöntemleri verilmiştir. Çalışmada incelenecek dönel kavşak hakkında genel bilgiler verildikten sonra, kavşağın çalışmada dikkate alınma nedeni açıklanmıştır. Kamera marifetiyle sabah 08:30-09:30, öğlen 12:00-13:00, akşam ise 17:00-18:00 saatleri arasında yapılan çekimlerde kavşağı kullanan araç sayısı belirlenmiş ve bu iki kavşağın kapasiteleri Amerika Kapasite Analiz Yöntemi (Kritik Şerit Yöntemi) ve Alman Kapasite Analiz Yöntemine göre hesaplanmıştır.

İkinci bölümde dikkate alınan dönel kavşaktaki mevcut durum, yatay ve düşey trafik işaretlemeler ve kural ihlali yapan sürücüler bakımından incelenmiştir. Daha sonra standartlar dışında yapılan ek yatay ve düşey trafik işaretlemelerinin sürücüler üzerindeki etkisinin tespit edilmesine çalışılmıştır.

Yapılan ek trafik işaretlemelerinin sürücüler üzerinde etkisi farklı günlerde aynı saatlerde yapılan kamera çekimler ile gözlemlenmiştir. Söz konusu çekimlerden hız değişimleri, kural ihlallerindeki değişimler ve mevcut kapasitedeki değişimler incelenmiştir.

Ayrıca öncesi ve sonrası çekimler karşılaştırılarak, sembollerle yapılan yatay ve düşey trafik işaretlemelerine mi yoksa “YOLVER”, “YAVAŞ” gibi yatay trafik işaretlemeleri ile “GEÇİŞ ÖNCELİKLERİNE UYUNUZ”, “KAVŞAKTAKİ ARACA YOLVER” gibi reflektif panellere yazılı düşey trafik işaretlemelerine mi riayet ettikleri veya bu uygulamaların sürücüler üzerindeki muhtemel farklı etkisi tespit edilmeye çalışılmıştır.

Son bölümde ise, kural ihlallerindeki değişimler (azalma ve artmalar), kapasitedeki değişimler, hızlardaki değişimlerde elde edilen sonuçlar ve yapılan çalışma ile ilgili değerlendirme bulunmaktadır.

SUMMARY

INVESTIGATION OF THE IMPACT OF ADDITIONAL TRAFFIC SIGN APPLICATIONS ON DRIVERS

On this project, one of the roundabouts in İstanbul was chosen to observe drivers and their behaviours. It is possible to divide this observe into three parts;

At first, there is a general information about roundabouts and modern ones which are used in traffic as a geometric object and also pros and cons of them are mentioned.

Following, detailed information and calculation techniques about the capacity of these roundabouts are mentioned. Explanation about why this roundabout has been located is given after giving some information about the one that has been set.

The number of cars which are on the roundabouts have been determined by camera between 08:30-09:30 in the morning,12:00-13:00 at noon,17:00-18:00 in the evening and have been calculated according to American Method of Capacity Analysis and German Method of Capacity Analysis.

Secondly, present condition of this roundabout is presented according to horizontal and vertical traffic signs and drivers who broke the traffic rules. Then, the effects of nonstandart horizontal and vertical traffic signs on drivers have been determined and observed again by camera. While recording, changes have been determined and calculated by observing the speed of drivers which is different from the one before and their potentiality of breaking the traffic rules.

Moreover, thanks to comparing the time before recording and the time after, the differences have been determined whether drivers obey the symbolized horizontal and vertical traffic signs or the reflective ones such as “YOLVER”, ”YAVAŞ”, ”GEÇİŞ ÖNCELİKLERİNE UYUNUZ” and “KAVŞAKTAKİ ARACA YOLVER”.

Finally, there is an assesment about the outcomes of the traffic brakings changes, capacity changes, velocity changes, and the work that has been determined.

1. GİRİŞ

Trafik akımının güvenli ve konforlu sağlanması için, kullanılan kavşak tiplerinden birisi de dönel kavşaklardır. Dönel kavşaklar basitçe dairesel kavşaklar olarak da adlandırılabilir; ancak her dairesel kavşak dönel kavşak değildir. Çünkü dönel kavşaklar, kendilerine özgü geometrik yapıları ile kavşak kollarından gelen araçların kavşağa giriş hızlarını azaltmaya zorlarlar ve bu kavşaklarda geçiş önceliği kavşak içerisindeki araçlardır.

Dönel kavşakların tasarımı, belli standartlara ve yaklaşımlara dayanarak yapılmaktadır. Başlıca çalışma prensipleri, ana trafik akımını yavaşlatacak bir dairesel çapa sahip olması, ana akımdan gelen sürücülerin dairesel kavşak içerisindeki sürücülere yol vermesidir.

Sinyalize sistemlere sahip dairesel kavşaklar ise, modern bir dönel kavşak geometrisine sahip olsa da dönel kavşak olarak adlandırılmamalıdır. Nedeni ise sinyalizasyon sistemine sahip bir dairesel kavşak, modern dönel kavşağın çalışma prensibine tamamen terstir. Modern dönel kavşaklarda amaç, kavşağı oluşturan kollarda ana trafik akımını durdurmak yerine sürücülerin geçiş önceliklerine uyarak trafiğin akımını kesmeden ancak yavaşlatarak ilerletmektir. Böylelikle modern dönel kavşaklarda, sinyalize kavşaklardaki gibi birikme ve birikmeyle meydana gelen bekleme süresindeki artış ve kapasitedeki azalma ile karşılaşılması beklenir.

Dünyada özellikle Amerika Birleşik Devletleri, Birleşik Arap Emirlikleri ve İngiltere, Fransa, Hollanda gibi Avrupa Ülkeleri'nde modern dönel kavşakların kullanımı yaygındır. Günümüzde Ülkemizde de sinyalize kavşakların modern dönel kavşaklara çevrilmesi yaklaşımının benimsenmeye başladığı görülmektedir. Karayolları Genel Müdürlüğü'nün sorumluluk alanları içerisinde bu tarz uygulamaları son yıllarda artmaktadır.

Ancak, ülkemizde araç sürücüleri modern dönel kavşakların çalışma prensipleri ile ilgili standart trafik işaretlemeleri ile işaretlenmesine rağmen yüksek oranda kural ihlalleri yapmaktadırlar. Genel olarak Yol-Ver ilkesine uymayıp, hızlarının düşürmeden kavşağa giriş yapmakta ve kazalar neden olmaktadır. Bunun trafik işaretlerinin sürücüler tarafından tanınmaması, bilinmemesi veya dikkate alınmaması ile imal edilen dönel kavşakların standartlara uygun olmaması gibi nedenleri bulunmaktadır.

Bu tez çalışmasında, söz konusu kural ihlallerinin önüne geçmek ve sürücü davranışlarındaki değişim olup olmadığını gözlemlemek için standartlar dışında yatay ve düşey trafik işaretlemeleri yapılarak bu ek uygulamaların sürücüler üzerindeki etkisi incelenmiştir.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. MODERN DÖNEL KAVŞAKLAR

2.1.1. Modern Dönel Kavşakların Tanımı

Modern dönel kavşaklar trafiğin farklı çaplarda merkezi bir ada etrafında saat yönünün tersine hareket ettiği kavşaklardır. Temel çalışma prensibi kavşak yaklaşım kollarından kavşağa gelen araçların, merkezi ada (dönel kavşak) etrafında dönen araçlara yol vermesidir.

Dönel kavşaklar 1905 yılından New York şehrinde William Phelps Eno tarafından tasarlanan ve trafiğe açılan Columbus Trafik Çemberi'nden itibaren Amerika Birleşik Devletleri'nde ulaşım sistemlerinin bir parçası olmuştur [1].

Ancak ilk modern dönel kavşaklar, yani “Yol-Ver” prensibine göre çalışan kavşaklar, 1960'lı yıllarda İngiltere'de geliştirilmiştir. Geliştirilen modern dönel kavşaklar esasen dönerek çalışan eski trafik çemberlerinden daha iyi bir işletme ve güvenlik karakterine sahiptirler [1].

Ülkemizde dönel kavşaklar ise 90'lı yılların sonuna doğru kullanılmaya başlanmıştır. Ancak bu geometrilerin ilk etapta dönel kavşak olarak adlandırılması oldukça güçtür. Tam anlamıyla modern dönel kavşak örneklerini Karayolları Genel Müdürlüğü sorumluluk alanları içerisinde görmemiz mümkündür (İzmir Torbalı Kemalpaşa Kavşağı). Karayolları Genel Müdürlüğü son yıllarda bazı sinyalize kavşakları modern dönel kavşak olarak yeniden planlamakta ve yapımını gerçekleştirmektedir (Gaziantep Organize Sanayi Bölgesi'ndeki uygulama). Modern dönel kavşak uygulamalarına bazı büyükşehir belediyelerinin sorumluluk alanlarında da rastlanabilmektedir.

Bazı dönel kavşaklar daha sonradan sinyalize hale getirilmekte ve bu şekilde kullanılmaktadır. Bu tarz kavşaklar sinyalize sistemlerle donatıldıktan sonra dönel kavşak olarak adlandırmak doğru değildir (İstanbul/Bakırköy-Havuzlu Kavşak).

2.1.2. Modern Dönel Kavşakların Çeşitleri

Modern dönel kavşaklar bulundukları yer, şerit sayısı ve boyutlarına göre altıya ayrılmaktadırlar.

- Mini dönel kavşaklar,
- Kent içi kompakt dönel kavşaklar,
- Kent içi tek şeritli dönel kavşaklar,
- Kent içi çift şeritli dönel kavşaklar,
- Kırsal tek şeritli dönel kavşaklar,
- Kırsal çift şeritli dönel kavşaklar.

2.1.3. Modern Dönel Kavşakların Özellikleri

Modern dönel kavşakların işletme ve tasarımı iki temel ilkeye dayanır. Birincisi kavşak yaklaşımına giren bütün taşıtların dönel ada çevresinde seyreden taşıtlara yol vermesi prensibi vardır. Bu uygulamada, serbest trafik akımını sağlamak ve kavşak kapasitesini artırmak için girişte “Yol-Ver” işareti kullanılır. Bu tip kavşakların tasarımında, örülme hareketleri tasarım veya kapasite kriteri olarak dikkate alınmaz [2].

İkincisi ise transit trafiğin kavşak bölgesini doğrusal veya buna yakın bir hat ile geçmesine izin verilmeyip, girişteki yönlendirme adaları ve merkezi dönel ada vasıtasıyla uygun dairesel yörüngeler ile trafiğin sağa saptırılması prensibi uygulanır [2]. Modern dönel kavşakların diğer bazı önemli özellikleri ise;

- Yeterli ve güvenli bir görüş mesafesi,
- Doğru, yerinde ve yeterli yatay ve düşey trafik işaretlemeleri,
- Dönel kavşaklar içerisinde yaya yollarına izin verilmemesi,
- Dönüş kesimlerinde durmaya ve park etmeye izin verilmemesidir.

Dönel kavşak içerisinde yaya geçişlerine izin verilmesi ve kavşağı oluşturan merkez ada içerisinde muhtemel bir yaya hareketliliği, kavşağı kullanan araçların kavşak içerisinde istenilen şekilde ve hızda hareket etmemesine neden olacak ve bu da dönel kavşakların çalışma prensibine aykırılık teşkil edecektir.

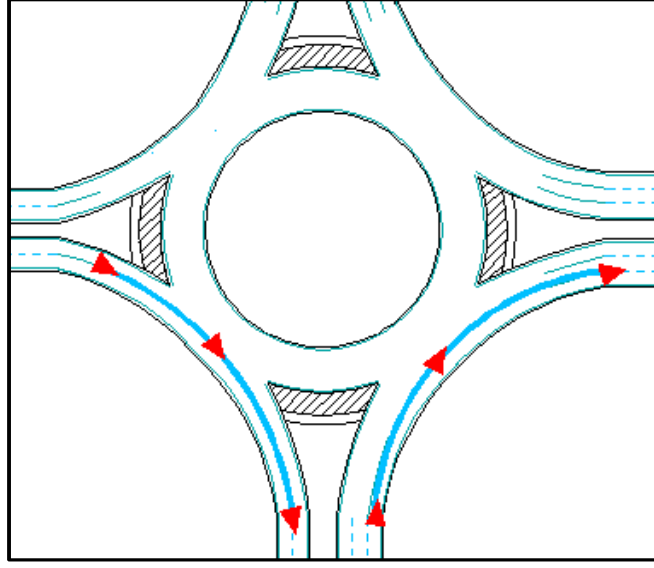
2.1.4. Modern Dönel Kavşakların Temel İşleyişi

Modern dönel kavşakların temel işleyişi, “sağa dönüş, düz-ileri, sola dönüş ve U dönüşü ile çıkış konumları” olarak adlandırılabilir [3].

Modern dönel kavşakların temel işleyişindeki sürücü hareketleri ve istikametleri kavşağın kollarının kapasitesinin hesaplanmasında son derece önemlidir. Dönel kavşağın kollarının kapasite hesaplarında, kavşağı kullanan araçların temel işleyiş hareketlerinin değerlendirilmesi yapılır ve kavşak kolunu kullanan araçlar kavşağı kullanış biçimlerine göre sınıflandırılır.

Sürücülerin modern dönel kavşakları geldikleri istikametten sağa dönmek için kullanmaları sağa dönüş hareketi olarak adlandırılır (Şekil 2.1). Sağa dönüş hareketini yapan araçlar kavşağın merkez çapını dönüş hareketi için kullanmayan araçlardır. Dolayısıyla kavşağa geldikleri kol haricinde, diğer kollar için yapılan kapasite hesaplamalarında etkisizlerdir.

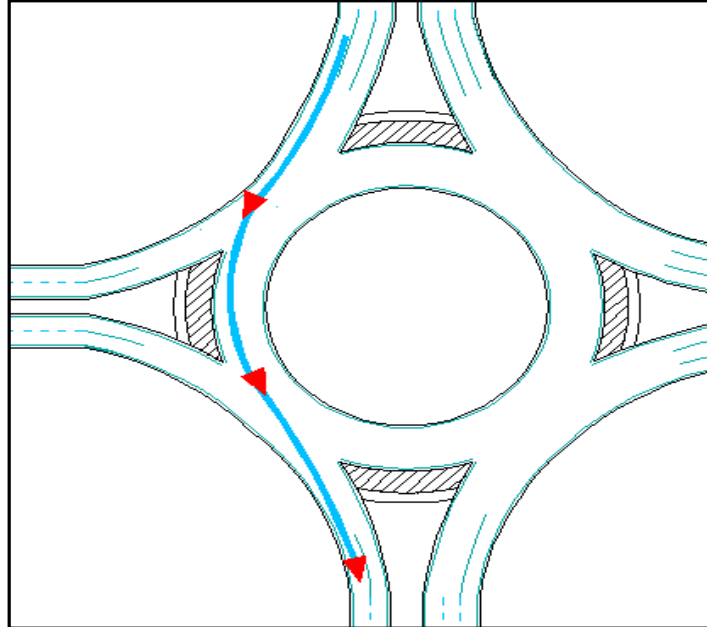
Modern dönel kavşaklarda sağa dönüş hareketi yapan araçların kavşağa sağdan yaklaşması, kavşak içinde sağda kalması ve kavşağı sağdan terk etmesi gerekmektedir.



Şekil 2.1: Modern dönel kavşaklarda sağa dönüş hareketi [3]

Düz-ileri ilerleyiş; dönel kavşağı kullanan araçların, dönel kavşak merkez çapını sadece karşıya geçmek için kullanması olarak adlandırılabilir (Şekil 2.2). Sürücülerin bu hareketi yaparken kavşağa sağ şeritten yaklaşması, kavşak içinde sağ şeritte kalması ve çıkışta sağ şeridi kullanması gerekmektedir.

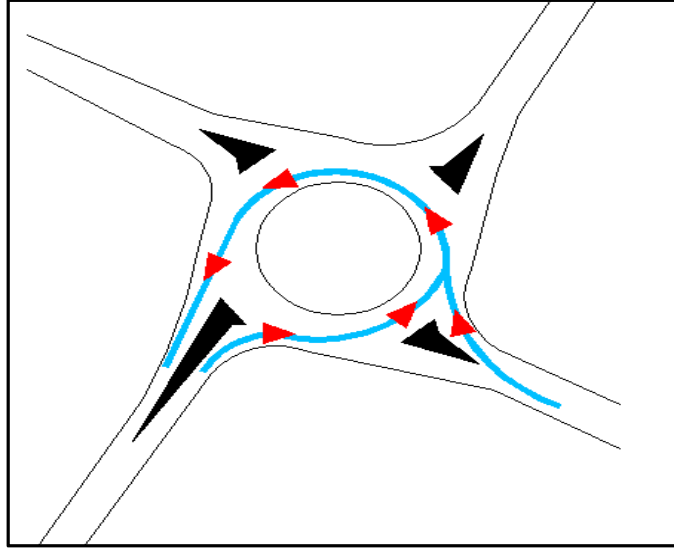
Dönel kavşağı düz-ileri ilerleyiş için kullanan araçların sayısı, dönel kavşağın kollarının kapasiteleri hesaplanırken, kendinden sonra gelen kolun kapasitesinin hesaplanmasında önemlidir.



Şekil 2.2: Modern dönel kavşaklarda düz- ileri ilerleyiş hareketi [3]

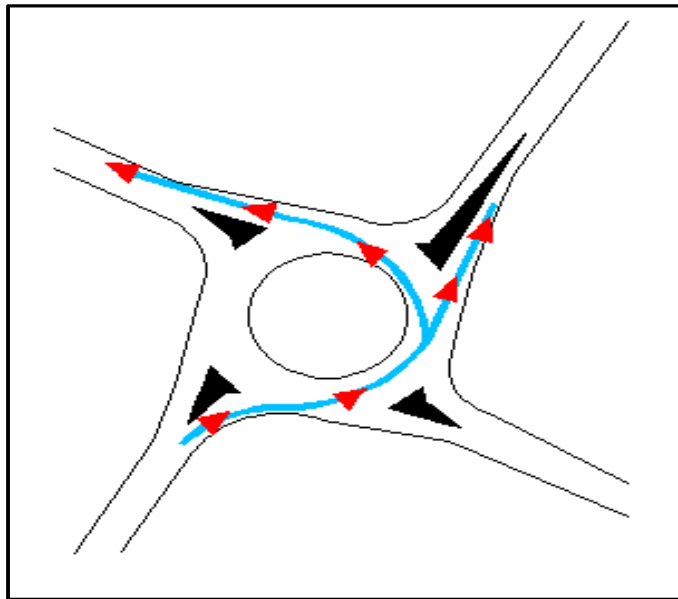
Sola dönüş ve U dönüşü hareketi; dönel kavşağı kullanan araçların, dönel kavşağın merkez çapını sola dönüş veya U dönüşü olarak kullanması olarak adlandırılabilir (Şekil 2.3). Sürücülerin bu hareketi yaparken kavşağa sol şeritten yaklaşmaları, kavşak içinde sol şeritte kalmaları ve çıkışın sol şeridini kullanmaları gerekmektedir.

U dönüşü yapan araçlar, kavşağa geldikleri koldan başka bütün diğer kolların kapasite hesaplarında, sola dönüş hareketi yapan araçlar ise kavşağa geldikleri koldan başka en az iki kolun kapasite hesaplarında dikkate alınırlar.



Şekil 2.3: Modern dönel kavşaklarda sola dönüş ve U dönüşü hareketi [3]

Çıkış konumları hareketi, araçların, dönel kavşağı, sola dönmek ve ileri-düz gitmek için kullanması olarak adlandırılabilir (Şekil 2.4). Bu hareketlerin her ikisinde de, sürücülerin dönel kavşaktan çıkarken, dönel kavşak içinde kullandığı şeridi kullanmaları beklenir.



Şekil 2.4: Modern dönel kavşaklarda çıkış konumları hareketi [3]

2.1.5. Modern Dönel Kavşakların Temel Tasarım İlkeleri

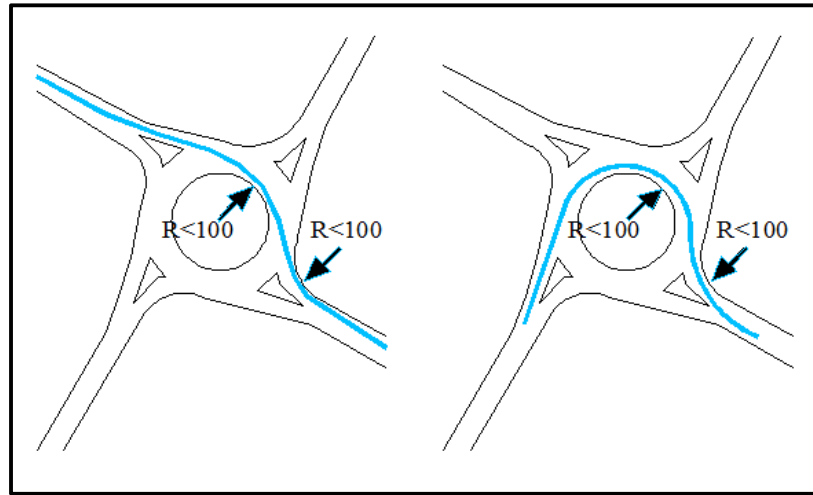
Modern bir dönel kavşağın güvenli ve etkin biçimde işleyebilmesi için genel olarak aşağıdaki özelliklerin gerekli olduğu kabul edilmektedir [3].

- Dönel kavşaklar yol kesiminden kolayca ayırt edilebilir olmalıdır.
- Dönel kavşaklar kolayca görülebilir ve doğru olarak işaretlenmiş olmalıdır.
- Dönel kavşaklar sürücülerin kavşağa yavaşça girmelerini ve kavşak içinde düşük hızda seyretmelerini teşvik etmelidir.
- Sürücülerin kavşağa girebilmesi, yaya ve bisikletlilerin hareketlerini gözlemleyebilmesi için bütün kavşak giriş noktalarında yeterli görüş uzaklığının sağlanmış olması gerekir.
- Dönel kavşağın geceleri güvenli bir şekilde işleyebilmesi için yeterli aydınlatmanın sağlanmış olmalıdır.

Yukarıdaki özelliklerin en önemlisi, üçüncü noktada belirtilen madde olup, sürücülerin kavşak içerisinde yavaşlaması ve güvenle dönebilmesi dönel kavşakların temel prensibidir.

2.1.5.1. Hız Kontrolü

Hızın düşürülmesi için, binek araçlar için ayrılan olası seyir koridor yarıçapının dönel kavşak girişinde ve içinde 100 metreden fazla olmaması gerekir (İsveç'teki esaslara göre) [3].



Şekil 2.5: Binek aracı için ayrılmış seyir koridoruna ait azami yarıçaplar [3]

Şekil 2.5'te de görüldüğü gibi merkez yarıçap değerinin kavşağa giren araçların hızlarını düşürmedeki etkisi vurgulanmıştır. Merkez ada etrafında dönen araçlar, fiziksel olarak merkez-kaç kuvvetinin etkisinde olacaklardır. Dolayısıyla merkez ada etrafında güvenle dönmek isteyen sürücüler, hızlarını azaltmaya yönlendirileceklerdir. Dönel kavşak içerisinde olası bir trafik kazasında ise sürücülerin hızları teorik olarak düşük değerlerde olacağı için, kaza şiddetinin az olması beklenebilir.

2.1.5.2. Dönel Kavşaklarda Kolların Sayısı

Dünyada ve ülkemizde dönel kavşaklar, genelde dört kollu olsa da (Resim 2.1), üç kollu veya beş kollu örnekleri de mevcuttur.



Resim 2.1: A.B.D Washington, Bellingham da bulunan çok şeritli dönel kavşak [4]

Ayrıca trafiğin soldan aktığı İngiltere’de sihirli dönel kavşak (Resim 2.2) olarak adlandırılan geometrik yapılar da bulunmaktadır.



Resim 2.2: İngiltere Swindon’da sihirli dönel kavşak örneği [5]

2.1.5.3. Tasarım Taşıtları

Bir dönel kavşak, kavşağı çoğunlukla kullanan araçlara daha iyi erişim sağlayabilecek ve özel tasarımı araçlarla geçişi mümkün kılacak şekilde tasarlanmalıdır [3]. Bu özel tasarımı araçların bir başka deyişle özel tasarım araçlarının ebatları farklılık gösterebilmektedir. İsveç'te bazı tasarım araçlarının boyları binek araç için 5 metre, römorklar için 16 metredir [3].

Amerika Birleşik Devletleri'nde eyalet yollarının kesiştiği noktalarda oluşturulacak modern dönel kavşakların tasarımlarında minimum WB-15 denilen tasarım aracının kullanılması AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) tarafından belirtilmektedir [6]. WB-15 olarak isimlendirilen aracın uzunluğu 13,72 (45 ft) metredir.

Modern dönel kavşaklar tasarlanırken kullanılan tasarım araçlarının uzunlukları değişmektedir. Trafik talebine göre ihtiyaç duyulan kavşak belirlendikten sonra, merkez adanın çapı uygun tasarım araçları ile belirlenir. Bu şu demektir, tasarım aracının etrafında dönebildiği bir merkez ada çapına sahip dönel kavşaktan, tasarım aracının uzunluğuna sahip her araç rahatlıkla dönebilecektir. Tasarım aracının yanlış seçilmesi ve uygun dönüş çapının belirlenememesi, dönel kavşağı kullanan uzun araçların dönüşlerinde problem yaratabileceği gibi, kavşağın genel işleyişini aksatıp, trafik sıkışıklıklarına neden olabilir. Ayrıca, merkez ada çapı küçük olan dönel kavşaklarda, uzun araçlar kavşak içerisinde dönüş hareketini yaparken, diğer dönüş şeritlerini işgal ederek, bu şeritleri kullanan araçları sıkıştırabilirler. Bu da kazalara neden olup kavşağın işlevselliğini olumsuz etkileyebilir.

2.1.6. Modern Dönel Kavşakların Temel Tasarım Elemanları

Modern dönel kavşakların geometrik yapısının belirleyen temel tasarım elemanları

- Merkez adanın çapı,
- Şeritlerin sayısı,
- Dönüş yoluna ait platformun genişliğidir [3].

2.1.6.1. Merkez Adanın Çapı

Modern dönel kavşakların en önemli temel tasarım elemanı olan merkez adanın çapı hakkında farklı uygulamalar ve kabuller olduğu gibi, uzmanların farklı yaklaşımları da bulunmaktadır. Haziran 2000'de karayolu tasarım raporunda [3], normal bir dönel kavşağa ait merkez ada çapının genel olarak 20 ile 50 metre arasında olması gerektiği belirtilmiştir. Ancak başka kaynaklarda da merkez ada yarıçapının 15 metreden az olmamasının gerektiği vurgulanmaktadır.

Merkezi ada çapının ihtiyaca, yol tiplerine, yolu kullanan araç tiplerine ve trafik talebine göre değiştiği bilinmelidir. Takdir edilecektir ki, ağır tonajlı araçların girmesinin yasak olduğu bir bölgeye, merkez ada çapının çok yüksek olduğu bir değerde dönel kavşak inşa etmek gereksizdir.

Tablo 2.1 tipik tasarım araçları ile dönel kavşak tiplerine göre inşa edilmesi gereken merkez adanın çapı hakkında bir yaklaşımdır.

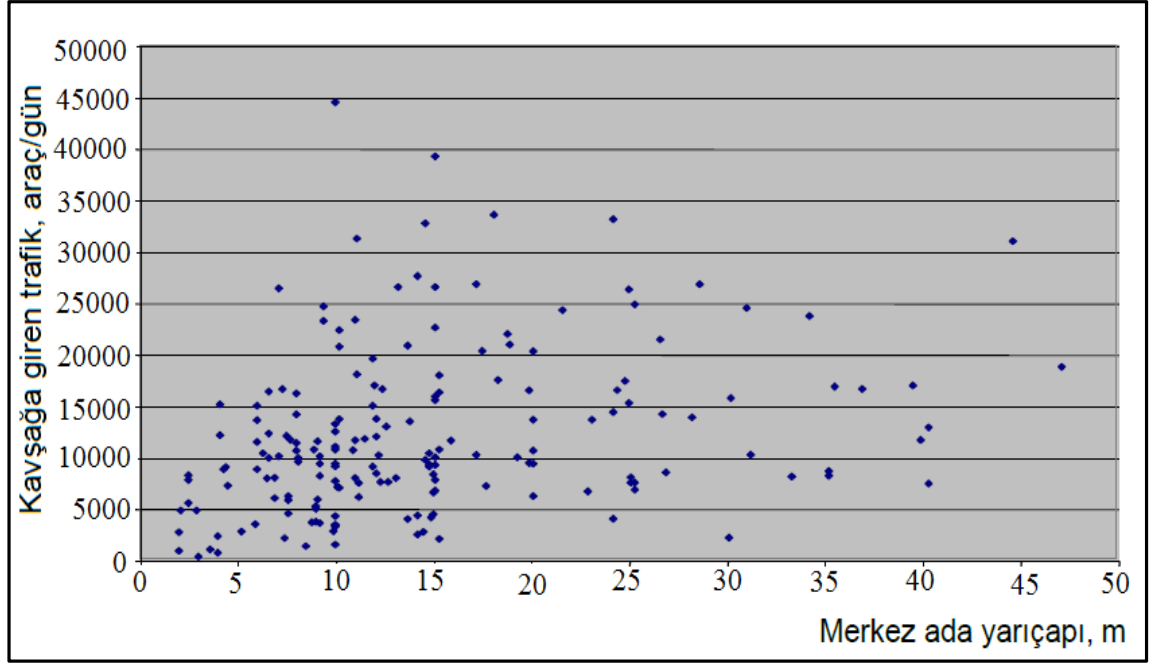
Tablo 2.1: Dönel kavşak ve tasarım araçlarına göre merkezi ada çap aralığı [1]

Dönel Kavşak Tipi	Tasarım Aracı	Merkez Çap Aralığı
Mini	Birim Kamyon	13-25 m
Kent içi Kompakt	Birim Kamyon/Otobüs	25-30 m
Kent içi Tek Şeritli	WB-15	30-40 m
Kent içi Çift Şeritli	WB-15	45-55 m
Kırsal Tek Şeritli	WB-20	35-40 m
Kırsal Çift Şeritli	WB-20	55-60 m

Burada;

- Birim kamyonun veya otobüsün uzunluğu 9,15 metre
- WB-15 tasarım aracının uzunluğu 13,72 metre
- WB-20 tasarım aracının uzunluğu 20,41 metredir.

Modern dönel kavşaklarda merkez ada yarıçapı ile kapasite arasında basit bir ilişki yoktur. Kapasite aynı zamanda, dönüş platformunun genişliği ve giriş çıkış açıları ve genişlikleri gibi, diğer tasarım parametrelerine de bağlıdır. Bu husus, İsveç'te mevcut 180 dönel kavşaktaki trafik hacmini (kapasiteyi değil) karşılaştırılması ile ortaya konulmuştur (Şekil 2.6). Ancak, hem araçlar arasındaki zaman boşluklarının hem de dönen kesimlerin uzunluklarının daha fazla olması nedeniyle, daha büyük merkez adalı dönel kavşaklar daha büyük kapasiteye sahiptirler [3].



Şekil 2.6: Merkez ada yarıçapı – trafik hacim ilişkisi [3]

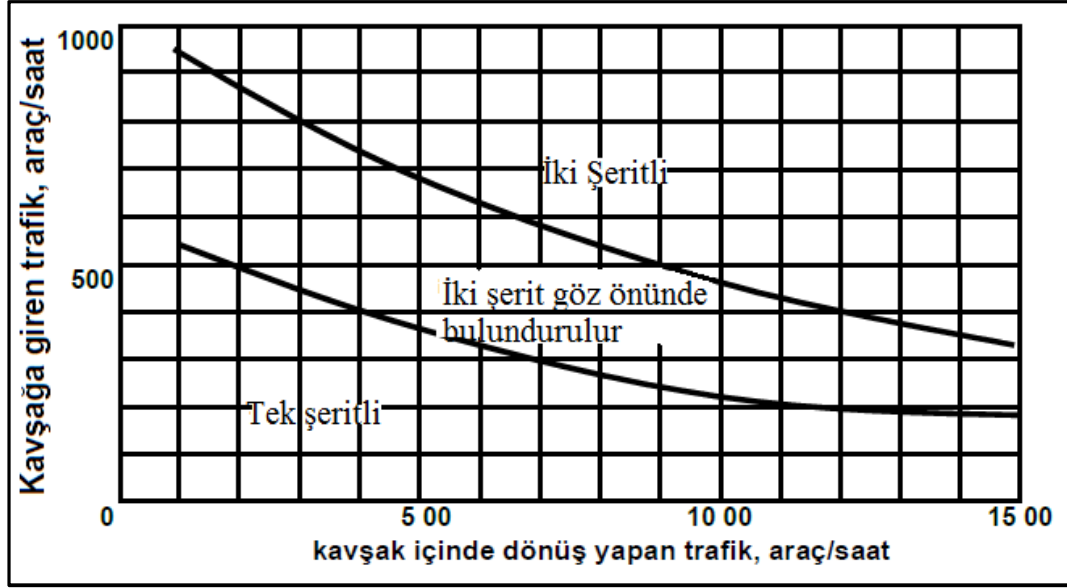
Şekil 2.6 İsveç’te 180 adet farklı merkez ada yarıçapına sahip dönel kavşak üzerindeki trafik hacmini göstermektedir. Trafik hacminin en yüksek değer olduğu 45000 araç/gün noktasındaki dönel kavşağın merkez ada yarıçapının yaklaşık 13 metre (çap 26 m) olduğu görülmektedir. Demek ki merkez ada yarıçapının/çapının trafik hacmi ile ilişkilendirilmesi doğru olmayacaktır. Çünkü trafik hacmi direkt olarak günlük trafik talebiyle ilgilidir. Trafik hacimleri aynı ancak farklı merkez ada yarıçapına/çapına sahip iki dönel kavşağı karşılaştıracak olursak, birim zamanda merkez ada etrafında dönen araç sayısı ve kavşağı kullanarak kavşağı terk eden araç sayısı merkez ada çapı büyük olan kavşakta daha fazla olacaktır. Bunun sonucunda merkez ada yarıçapı/çapı büyük olan kavşak kollarındaki kapasitenin daha yüksek bir değerde ve v/c oranının daha düşük çıkması muhtemeldir.

2.1.6.2. Şeritlerin Sayısı

Modern dönel kavşaklarda dönüş ve kavşağı giriş şeritleri belirlenirken trafik talebi, yani trafik hacimleri oldukça önemlidir. Daha doğrusu belirleyicidir.

Trafik hacimlerinin düşük olduğu kesimlerde, güvenlik nedenlerinden dolayı dönüş platformunun tek şeritli olması tavsiye edilir. Yüksek trafik hacimlerinin bulunduğu kesimlerde ise 2 şeritli bir dönüş platformunun kullanılması tavsiye edilir [3].

İsveç’te öngörülen esaslara göre trafik hacmi ile dönüş platformunun genişliği ve şerit sayısı arasındaki ilişki Şekil 2.7’de gösterilmiştir.[3].



Şekil 2.7: Trafik hacmi-dönüş platformu ilişkisi [3]

Ancak, dönüş platformundaki şerit sayısı belirlendikten sonra platform genişliğinde, modern dönel kavşağın tasarımında kullanılan araç da göz önünde bulundurulmalıdır.

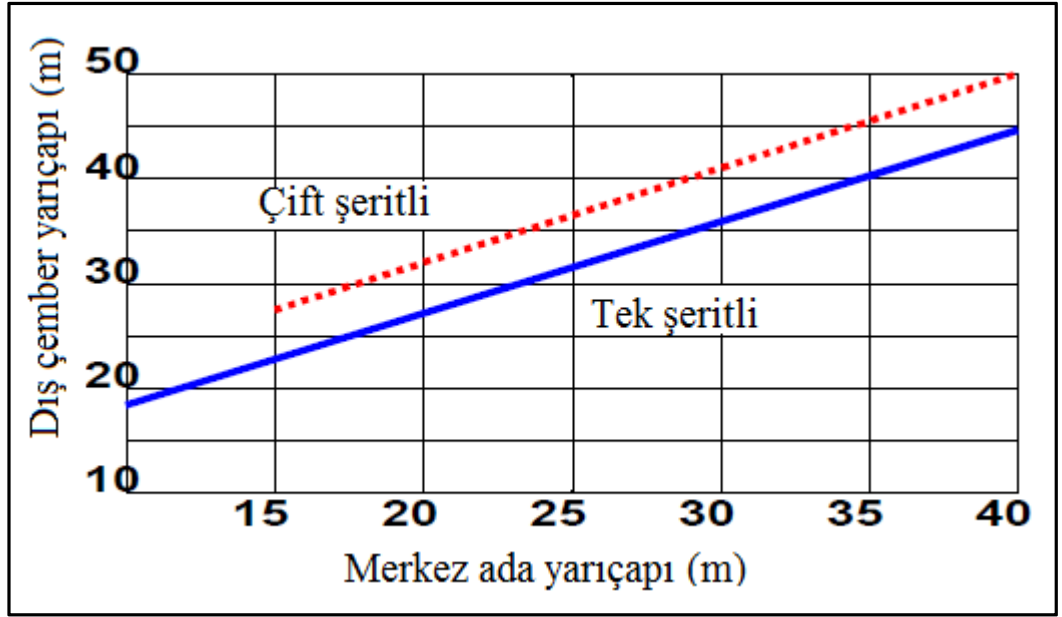
Kavşak kollarının ve dönüş platformunun şerit sayısı, trafik talebine göre belirlenir ancak, tasarım esnasında mevcut trafik hacmi ve gelecekteki ihtiyaçlar da dikkate alınmalıdır. Giriş kollarındaki ve dönüş platformundaki fazladan şeritler sürücülerin, davranış şekillerini oldukça çeşitlendirebilir, bu da kavşağın düzenli kullanımını etkileyebilir.

2.1.6.3. Dönüş Platformu ve Dönüş Platformunun Genişliği

Dönüş platformu merkez ada ile dış çemberin arasında kalan ve araç trafiği tarafından kullanılan kısımdır. Dönüş platformunu kapsayan dış çember kavşağı kullanan bütün araçların dönüşünü sağlayacak yeterlilikte ancak maksimum çap değerlerini ise aşmayacak şekilde tasarlanmalıdır [3].

Dönüş platformu genel olarak kavşağın yaklaşım kolunun kavşak girişindeki genişliğinin 1.0 veya 1.2 katı genişliğinde olmalıdır. Ayrıca dönüş platformunda uygulanacak dever % 2 ile % 4 arasında olmalıdır. Dönüş platformundaki dever sürücüler için kavşaktan daha yumuşak bir geçiş ve hızlarını kabul edilebilir bir seviyede tutmalarını sağlar. Ayrıca dever kavşak içinde dönüş platformunda iyi bir drenaj sağlar [3]. Bu drenajla birlikte kavşak içerisinde su birikmesi engellenerek trafik güvenliği de arttırılmış olur.

İsveç'teki esaslara göre, kavşak içinde dönüş platformunun genişliği dış çember ve iç çember çapıyla/yarıçapıyla ilişkilidir (Şekil 2.8). Bir başka deyişle merkez ada ile dış ada çaplarının (yarıçaplarının arasındaki farkın iki katı) arasındaki fark dönüş platformunun genişliğidir. Güvenli sürüş için şerit genişliklerinin 3,00 metreden az olmaması gerekmektedir. Kimi zaman dönüş platformunun şerit sayısı çeşitli uygulamalarla kısıtlanabilir. Örneğin 3 şeridin sığabileceği bir dönüş platformunun çeşitli geometrik ve trafik işareti uygulamaları ile 2 şeride düşürülmesi gibi. Bu kısıtlama, çıkış şeritlerinin sayısının yetersizliği, araçların dönel kavşağı daha güvenli bir biçimde kullanılması sağlamak, şerit sayısı arttıkça sürücülerin davranış şekillerinin değişmesini ve atipik davranışların oluşmasını engellemek gibi nedenlere dayanabilmektedir.



Şekil 2.8: Dönüş platformundaki şerit sayısının tayini [3]

2.2. MODERN DÖNEL KAVŞAKLARDA KAPASİTE

Tanyel ve Yayla [7], Drew tarafından, hakim yol ve trafik koşulları altında yolun veya bir şeridin bir noktasından geçebilecek maksimum araç sayısı olarak tanımlanan kapasitenin, tek bir akım için tanımlayıcı olabilse de, özellikle kavşaklarda görülen daha karmaşık durumlarda kapasiteyi etkileyici çeşitli unsurlarla da karşılaşılabilineceğini belirtmişlerdir.

Modern dönel kavşakların kapasitelerinin hesaplanmasında iki temel yöntemden söz edilebilmektedir. Bu yöntemler:

1. Geometrik yöntem,
2. Davranışsal yöntemdir[8].

Geometrik metot, zirve saatlerde dönel kavşağa girişlerin gözlenmesiyle kapasite formülünü incelemektedir. Metodun uygulanmasında, regresyon parametre değerlerinin, bağlı geometrik parametrelerle ilişkilendirilmesine çalışılmaktadır. Davranışsal metotta ise geçiş hakkına sahip dairesel bir tek yön yola bağlanan T şeklinde yaklaşım serilerinden oluştuğu kabul edilmektedir. Bu, sürücü davranışına ve kritik aralık kabul teorilerine dayanan klasik ana kavşak teorisinin uygulanmasını mümkün kılar [8].

(The German Highway Capacity Manual-HBS 2010) Alman Karayolu Kapasite Kavuzu'nda da sinyalizasyon olmayan kavşaklarda (dönel kavşaklar da dahil) kapasite analizinin aralık kabul yöntemine dayandığı belirtilmiştir [9]. Aralık kabul yönteminde kritik aralık ve takip süresi belirleyici parametrelerdir.

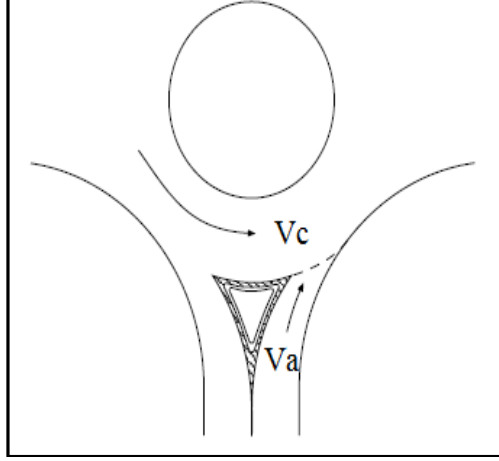
Highway Capacity Manual 2000 [10]'de bir dönel kavşakta kapasitesinin, kritik aralığın ve takip süresinin temel parametreleriyle birlikte, taşıt aralığı kabul yöntemiyle hesaplanabileceği belirtilmektedir.

Modern dönel kavşaklarda kapasite hesaplarının kabullerinin her ülkede farklılık gösterebilmektedir.

Ancak kapasite hesaplarındaki yaklaşım ve kabuller ne kadar farklı olursa olsun, modern dönel kavşaklarda kapasite hesapları, kavşağı oluşturan her kol için ayrı ayrı yapılmaktadır. Bir başka deyişle kavşağın tamamı için bir kapasite hesabından söz edilemez.

2.3. TEK ŞERİTLİ DÖNEL KAVŞAKLARDA AMERİKA KAPASİTE ANALİZ YÖNTEMİ

Yaklaşım kolları ve dönüş platformu tek şeritli olan dönel kavşak kapasite hesabında, kritik aralık kabul ve takip süresi yöntemine göre bir yaklaşımda bulunmak mümkündür [7].



Şekil 2.9: Dönel kavşağın bir kolunun analizi [10]

$$C_a = \frac{V_c \cdot e^{-V_c \cdot t_c / 3600}}{1 - e^{-V_c \cdot t_f / 3600}} \quad (2.1)$$

Burada;

C_a = Yaklaşım kapasitesi (araç/saat)

t_c = Kritik aralık (saniye)

V_c = Sirkülasyon hacmi (araç/saat)

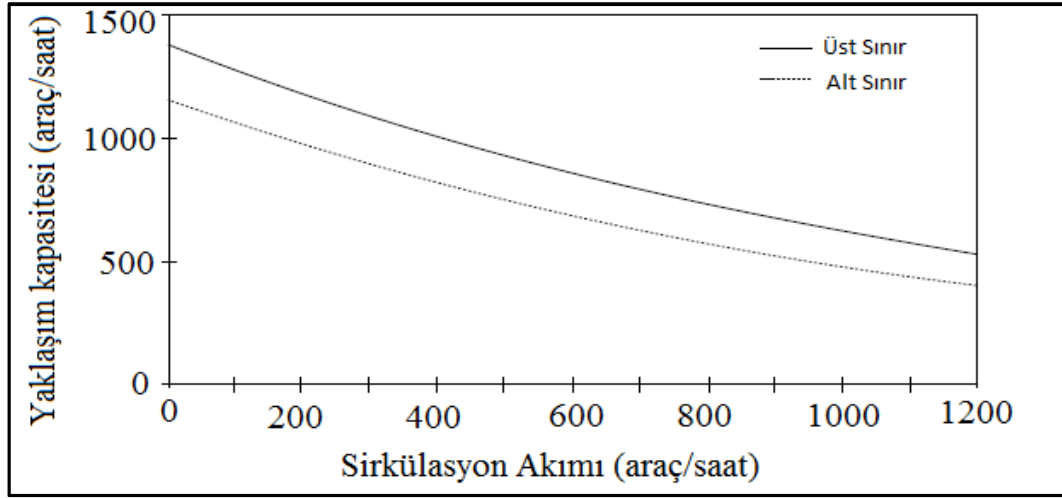
t_f = Takip mesafesi süresi (saniye)

Formül (2.1) de göz önünde bulundurulması gereken bu yaklaşık kapasite hesabının dönel kavşağı oluşturan her kavşak kolu için ayrı ayrı yapılabilmesidir. Uzmanlar tarafından hesaplamalarda kullanılabilecek kritik aralık ve takip mesafesi süresi değerleri Tablo 2.2’de gösterilmiştir.

Tablo 2.2: Dönel kavşaklar için kritik aralık ve takip süresi [10]

	Kritik aralık (s)	Takip süresi (s)
Üst Sınır	4.1	2.6
Alt Sınır	4.6	3.1

Tablo 2.2 deki değerler, tek şeritli yaklaşım kollarına ve tek şeritli dönüş platformuna sahip dönel kavşak kollarında yaklaşık kapasitenin hesaplanmasında kabul görmüştür.

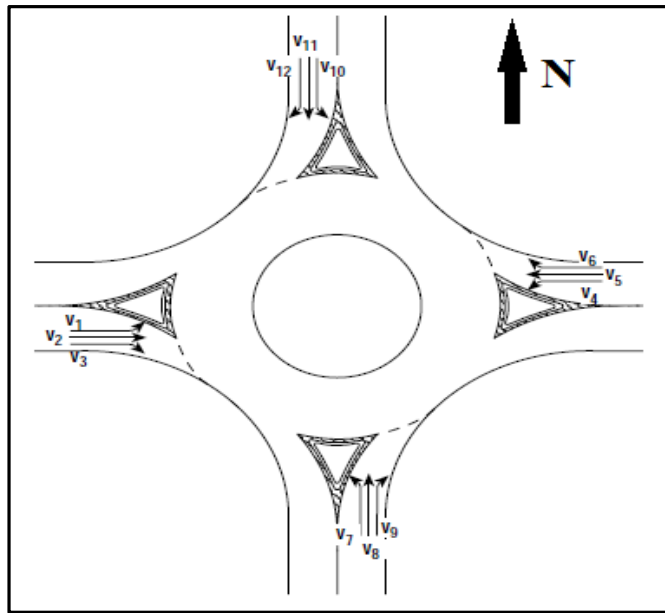


Şekil 2.10: Dönel kavşak yaklaşım kapasitesi [10]

Şekil 2.10'da kritik aralık ve takip süresinin alt ve üst sınırlarındaki, sirkülasyon akımı ve kapasite arasındaki ilişki verilmiştir.

Formül 2.1'de kritik aralık ve takip süresi Tablo 2.2'den seçilebilmektedir. Ancak formüldeki bir diğer önemli değer olan sirkülasyon hacminin doğru tespit edilmesi gerekmektedir.

Şekil 2.11'de bir dönel kavşakta, kavşağı oluşturan kollardan kavşağa gelen araçların kavşağı kullanırken olası hareket tiplerini özetlemektedir. Kavşağı kullanan herhangi bir aracın, sağa dönüş, düz-ileri, sola dönüş ve U dönüşü yapabileceğinden daha önce bahsedilmiştir.



Şekil 2.11: Dönel kavşaktaki trafik akımları (araç hareketleri) [10].

Örnek bir V_c değeri hesaplanırsa; V_7, V_8, V_9 , akımları için yani güney kuzey yönündeki kolun kapasitesinin hesaplanmasında kullanılacak V_c değeri $V_1+V_2+V_{10}$ değerlerinin toplamına eşit olacaktır.

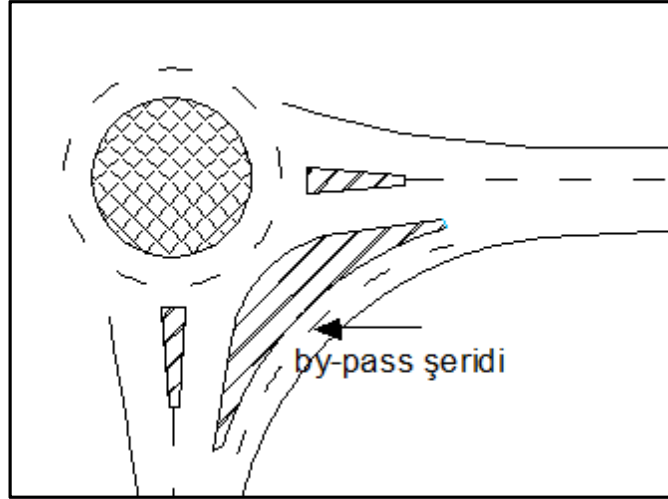
Bu metodoloji çok şeritli yaklaşım kollarına ve dönüş platformuna sahip dönel kavşaklarda uygulanabilir değildir. Ancak şunu da belirtmek gerekir ki, dönüş platformundaki şerit sayısını veya yaklaşım kollarındaki şerit sayısını örneğin iki katına çıkarmak demek kapasiteyi de iki katına çıkarmak değildir. Bunlara ek olarak çok şeritli dönel kavşakların performanslarının da, dönel kavşağın geometrik yapısından ve sürüş karakterlerinden etkileneceği unutulmamalıdır. Çok şeritli dönel kavşaklarda, her bir grup yaklaşım şeritlerinin oldukça değişik aralık kabul karakterlerine sahip olma ihtimali de güçlü bir biçimde kabul görmektedir [10].

Yaklaşım kolları ve dönüş platformu tek şeritli olan modern dönel kavşaklarda kapasite hesaplanırken aşağıdaki adımlar sırasıyla izlenmelidir.

1. Üzerinde çalışma yapılacak dönel kavşağın mevcut geometrik yapısı tanımlanmalı. Kavşağın her kolundaki yaklaşım için trafik hacimlerinin bilgisi elde edilmelidir.
2. Kavşağın her kolu için örülme (sirkülasyon) trafik değeri belirlenmelidir. Şayet örülme (sirkülasyon) trafik akımı 1200 araç/saat değerini geçerse bu hesap yönteminin uygulanmaması tavsiye edilir.
3. Her giriş kolundaki kapasite formül (2.1) kullanılarak hesaplanmalıdır.
4. Üzerinde çalışılan dönel kavşağın genel performansı ise v/c oranı esas alınarak değerlendirilmelidir.

PHF analiz periyodunun 15'er dakikalık sürelerde olduğu koşullarda ($T=0.25$) 1.00 alınabilir [10].

(v/c) oranının 1'e eşit olması veya 1'e çok yakın olması durumunda; üzerinde çalışılan tek şeritli dönel kavşak hakkında, trafik hacminin kavşak kapasitesine çok yakın bir değerde seyrettiği yorumu yapılabilir. v/c oranının 1'in üzerinde çıkması durumunda ise dönel kavşağın maksimum kapasitesinin üzerinde kullanıldığı dolayısıyla söz konusu kavşağın kollarında ve dönüş platformunda araç birikmeleri, sıkışıklıklar birikmeler beklenmelidir. Bu durumlarda kavşağın geometrisinin değiştirilmesi, yaklaşım ve dönüş platformundaki şerit sayılarının artırılması veya merkez ada çapının genişletilmesi önerilebilir. Bazı durumlarda da by-pass şeridi gibi farklı düzenlemeler yapılabilir (Şekil 2.12)



Şekil 2.12: Sağa dönüş şeridinin ayrılması örneği-bypass şeridi

Ancak dönel kavşakların tasarımı ile ilgili başka bir kaynakta [11] ise şekil 2.12 de gösterilen by-pass şeridinden yayaların güvenli geçişlerinde problem yaratacağı nedeniyle kaçınılması gerektiği tavsiye edilmiştir. Şayet Rodel'in dönel kavşaklarda kapasite analizine bakılırsa, dar bir aralıktaki trafik hacimlerine sahip dönel kavşakların bypass şeridi ile tasarlanmadan en az D veya daha iyi bir hizmet düzeyinde çalışacağı görülebilir [11].

2.4. ALMAN KAPASİTE ANALİZ YÖNTEMLERİ

2.4.1. Davranışsal Yaklaşım Yöntemi

Alman kapasite analizleri, Harder ve Siegloch'un araştırmaları sonucunda elde edilmiş olan formüllere dayanmaktadır. Bu formüller davranışsal yaklaşım metodu esas alınarak hazırlanmıştır [6].

$$Max Q_z = A * e^{\frac{B}{10000}} * Q_k \quad (2.3)$$

Q_z = Kavşağa girebilecek maksimum trafik hacmi (veh/h),

Q_k = Dönüş hareketini yapmakta olan araç sayısı (veh/h),

A ve B= gözlemlere bağlı olarak belirlenen parametreler olarak tanımlanmaktadır (Tablo 2.3).

Tablo 2.3: A ve B parametrelerinin değerleri [8]

Şerit Sayısı		A	B
Kavşak İçi	Yaklaşım		
3	2	2018	6.68
2	2	1553	6.69
2-3	1	1200	7.30
1	1	1089	7.42

Amerika Kapasite Analiz Metodu (Highway Capacity Manual) yaklaşım şeritleri ve dönüş platformu tek şeritli olan dönel kavşakların kapasitesinin hesaplanması ile edilen sonuçlarla, Alman kapasite analiz metodu ile hesaplanan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Alman kapasite analiz metodu ile yapılan hesaplamalardan çıkan v/c değerlerinin her koşulda Amerika Kapasite Analiz Metodu (tek şeritli dönel kavşaklarda) ile hesaplanan v/c değerlerinden daha düşük olduğu görölmüşür.

Alman kapasite analiz metodunda bulunan v/c değerlerinin daha iyimser çıkmasını, davranışsal yaklaşım metodu esas alınmasına bağlanabilir. Kritik aralık kabul yönteminden elde edilen formül (2.1) de t_f ve t_c değerleri belirleyicidir.

2.4.3. Aralık Kabul Yöntemi

Alman Karayolu Kapasite Analiz Kılavuzu'nda (HBS,2001) dönel kavşakların giriş kollarındaki kapasite hesapları kritik aralık ve takip sürelerini temel alarak hesaplanmaktadır [12]. Ayrıca kapasite hesabında kullanılan formülde kavşağa giriş kollarının şerit sayısı ve dönüş platformundaki şerit sayısı da bulunmaktadır.

Formül bu haliyle yaklaşım ve dönüş şeritleri birden fazla olan dönel kavşakların da kapasitelerinin hesabını mümkün kılmaktadır.

$$G = 3600 * \left(1 - \frac{t_m \cdot q_c}{n_c \cdot 3600}\right) n_c * \frac{n_e}{t_f} * e^{-q_c \cdot \left(t_c - \frac{t_f}{2} - t_m\right)} \quad (2.4)$$

G= Basit giriş kapasitesi (pcu/h)

q_c = Dönüş platformundaki trafik akımı (pcu/h)

n_c = Dönüş platformunun şerit sayısı

n_e = Giriş kolunun şerit sayısı

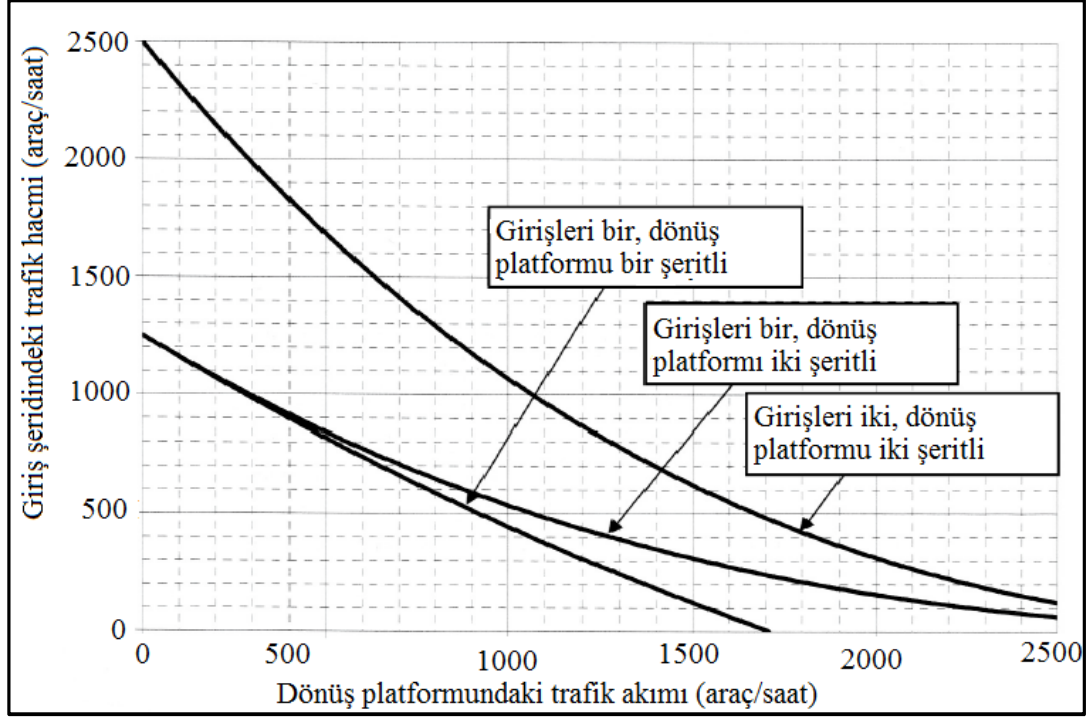
t_c = Kritik aralık (s)

t_f = Takip Süresi (s)

t_m = Dönüş platformundaki minimum zaman aralığı

Formül (2.4) ile yapılan hesaplamalarda $t_c=4.1$ s, $t_f=2.9$ s, $t_m=2.1$ s, olarak kullanılmaktadır.

Alman Karayolu Kapasite Analiz Kılavuzu'ndaki formülle, iki şeritli dönel kavşağın giriş kapasitesi, tek şeritli dönel kavşağın giriş kapasitesinden oldukça fazla çıkmaktadır. Fakat gerçekte ikinci giriş şeridinin kapasiteye etkisi formülde ortaya çıkan sonuç kadar büyük değildir, çünkü kavşağa girişteki bütün şeritler araçlar tarafından seyrek olarak eşit şekilde kullanılır [12]. Bu görüşü daha önce hesaplamaları yapılan farklı tip dönel kavşaklardan çıkan sonuçlar desteklemektedir (Şekil 2.13).



Şekil 2.13: Farklı dönel kavşaklarda kapasite hesaplama sonuçları [12]

Brilon ve Baumer Alman Kapasite Analiz Yöntemi-Kritik Aralıl Kabul Yöntemi formülünü (2.4) geliştirip değiştirerek, iki şeritli dönel kavşaklarda ikinci şeridin etkisini azaltmış ve aşağıdaki formülü elde etmişlerdir [12].

$$G = 3600 * \frac{n_e}{t_f} * e^{-\frac{q_c}{3600}(t_c - \frac{t_f}{2})} \quad (2.5)$$

G= Basit giriş kapasitesi (pcu/h)

q_c = Dönüş platformundaki trafik akımı (pcu/veh)

t_c = Kritik aralık (s)

t_f = Takip Süresi (s)

n_e = Giriş kolunun şerit sayısı

Formül (2.5) ile yapılan hesaplamalarda $t_c=4.1$ s, $t_f=2.5$ s, ve olarak kullanılmaktadır. Formül (2.5) de giriş kolunun 2 şeritli olması durumunda $n_e=1.14$ alınır. Böylelikle giriş kolundaki kapasite şerit sayısının iki katına çıkmasına rağmen, iki katına çıkmamış olur ve daha kabul edilebilir sonuçlar elde edilir.

2.5. İSVİÇRE KAPASİTE ANALİZ YÖNTEMİ

İsviçre hesap yöntemi geometrik hesap ilkelerine dayanmaktadır. Bu yöntem, İngiliz ve Fransız kapasite analiz yöntemlerine benzerlik göstermekle beraber; İsviçre'deki sürücü davranışlarını göz önüne almak amacıyla 1989 yılında VSS İsviçre Yol ve Trafik Mühendisleri Birliği adına Emch+Berger Şirketi ve Luassanne Ulusal Teknoloji Enstitüsü adına Prof.Dr. Bovy ve grubu birer çalışma yapmışlardır. Bu çalışmanın sonucunda VSS/Emch+Berger Metodu ve Bovy Metodu olarak iki metod geliştirilmiştir [8]. Tanyel ve Varlıorpak [8] çalışmalarında her iki metodun benzer sonuçlar vermesine rağmen çeşitli yarıçap ve dönüş şeridi sayısı için çözüm veren Bovy metodunu dikkate almışlardır. Bu tez çalışmasında da Bovy Metodu'na değinilecektir.

$$C_e = 1500 - 8/9 Q_g \quad (2.6)$$

Burada Q_g değeri ise;

$$Q_g = \beta * Q_c + \alpha * Q_s \quad (2.7)$$

C_e = Kavşağa bağlanan kolun kapasitesi

Q_c = Dönen araç sayısı

Q_s = Kavşaktan çıkan araç sayısı

α = Kavşakta dönen akıma katılan araçlarla ayrılan araçlar arası mesafeye göre belirlenen bir katsayı

β = Dönüş şerit sayısına göre belirlenen bir katsayıdır.

α 1 ile 0 arasında değişen bir değerdir. β ise tek dönüş şeridi için 0.9 ile 1, iki dönüş şeridi için 0.6 ile 0.8, üç dönüş şeridi için ise 0.5 ile 0.6 arasında değerler almaktadır [8].

2.6. AVUSTRALYA KAPASİTE ANALİZ YÖNTEMİ

Avustralya kapasite analiz metodu, davranışsal metodu esas alır ve kritik aralık kabulüne dayanmaktadır [8].

$$C_e = \frac{\alpha * Q_c * e^{-\lambda(T-\Delta)}}{1 - e^{-\lambda T}} \quad (2.8)$$

C_e = Kavşağa bağlanan yolun kapasitesi

Q_c = Dönüş hareketi yapan araç sayısı

α = Dönüş akımı içerisindeki serbest araç sayısı

l = Yaklaşım aralığı dağılımı modeline bağlı bir parametre

Δ = Dönüş akımı içerisindeki minimum zaman cinsinden aralık

T = Analiz periyodu

Tablo 2.4: Δ ve α değerleri [8]

şerit sayısı	Δ	α
1	2	$e^{-5.0q}$
2	1.2	$e^{-3.0q}$
2<	1	$e^{-2.5q}$

$$\lambda = \alpha * q / (1 - \Delta q) \quad (2.9)$$

Burada q araç sayısı olup, λ değeri formül (2.9) den hesaplanabilir.

2.7. AMERİKA KAPASİTE ANALİZ YÖNTEMİ (Kritik şerit Yöntemi)

Uzmanlar çok şeritli dñnel kavşakların kapasitesinin belirlenmesi çalışmasında, farklı sayıda giriş ve dñnüş şeridine sahip toplam 8 dñnel kavşak üzerinde bu çalışmayı gerçekleştirmişlerdir.

Çok şeritli dñnel kavşaklar, dñnüş platformunda birden fazla şeridi olan ve en az bir girişi olan dñnel kavşaklar olarak tanımlanmaktadır. Bu tip kavşaklarda aralıkların ve akım tiplerinin tanımlanması tek şeritli dñnel kavşaklara nazaran çok daha karmaşık ve zordur. Bu zorluklar özellikle sñrñcñlerin kestirilemeyen ve belirsizlik içeren davranışları nedeniyle. Bu belirsizlikler ve sñrñcñlerin dıştaki giriş şeridini hangi amaçla kullanacaklarına karar verememeleri nedeniyle *(örneğin dış giriş şeridinden giren araçlar sağa dñnebilmekte veya sola dñnüş hareketi yapabilmektedirler ve bu yol verme bölgesindeki sñrñcñlerin bekleme veya yavaşlama süresi ile takip sürelerini değiştirebilmektedir.)* aralık kabulü yöntemi çok şeritli dñnel kavşakların kapasite hesabında yetersiz kalmaktadır. Sonuç olarak çok şeritli dñnel kavşaklarda aralık kabulü yöntemi yerine, bu dolaylı faktörler nedeniyle regresyon temeline dayalı bir özñmlmeye gitmek daha doğru olacaktır [13].

Hesaplamalarda kullanılan akım değerlerinin belirlenmesinde, otomobillerin kullanılması gerekmekte ve bu araçlar dışındaki araçlar için, otomobil eşdeğer faktörleri kullanılmaktadır (Tablo 2.5).

Tablo 2.5: Binek araç eşdeğerleri [13]

Araç Tipi	Binek Araç Eşdeğeri
Binek Araç	1.0
Ağır Vasıta	2.0

Uzmanlar 2006 yılında yaptıkları çalışmaların ardından [13] yaklaşım kolları ve dönüş platformu tek şeritli olan dönel kavşaklardaki kapasite hesaplamalarında formül (2.1)'deki t_f ve t_c değerleri için Tablo 2.10'daki değerlerin kullanılmasını tavsiye edilmektedir.

Tablo 2.6: t_f ve t_c değer aralıkları ve tavsiye edilen değerler [13]

	t_f	t_c
Tavsiye edilen değerler	5.1	3.2
Minimum ölçülmüş değer	4.2	2.6
Maksimum Ölçülmüş değer	5.9	4.3

$$C_{crit} = 1230 * e^{(-0.0009V_c)} \quad (2.10)$$

Burada;

C_{crit} = Yaklaşım kolundaki kritik şeridin kapasitesi

V_c = Sirkülasyon akımı

Kritik şerit kapasitesi yaklaşımında, kritik şerit dışındaki diğer şeritlerin kapasitesinin, kritik şeridin kapasitesi ile aynı olduğu varsayılır [13].

Trafik Hacim/ Kapasite (v/c); bu yaklaşımda, v/c oranı, her kol için verilen akım değerinin hesaplanan kritik şerit kapasitesine bölünmesiyle hesaplanır.

V/C değeri hesaplama yapılan kavşak koluyla alakalı fikir yürütülmesinde yardımcı olmaktadır. Trafik hacminin kapasiteye yaklaştığı durumlarda, kavşak koluyla alakalı veyahut kavşağın tamamıyla alakalı önlem almak gerekebilmektedir. Bu önlemler genellikle by-pass şeritlerinin imalatı veya kavşağın genel geometrisinin değişmesini kapsamaktadır.

2.8. DÖNEL KAVŞAKLARDA HİZMET DÜZEYİ ÜZERİNE BİR YAKLAŞIM

Dönel kavşakların hizmet düzeyi, her bir şerit için hesaplanan veya ölçülen kontrol gecikme süresi ile alakalıdır. Ancak hizmet düzeyi bütün dönel kavşağın tamamı için tanımlanamamaktadır [13].

Söz konusu çalışma sonucunda oluşturulan prosedürle, trafik talepleri altında tek ve iki şeritli dönel kavşakların mevcut veya planlanan işletim performanslarının belirlenmesi mümkün olabilmektedir [13].

$$d = \frac{3600}{c} + 900T \left[\frac{v}{c} - 1 + \sqrt{\left(\left(\frac{v}{c} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c}\right)^2}{450T}\right)} \right] \quad (2.11)$$

Burada;

d= kontrol gecikmesi, sec/veh (saniye/araç)

v= hesaplama yapılan şeritteki akım, veh/h, (araç/saat)

c= hesaplama yapılan şeritteki kapasite, veh/h, (araç/saat)

T= analiz periyodu, h (saat), T=1 için 1 saatlik analiz, T=0.25 için 15'er dakikalık analiz yapıldığı anlaşılmaktadır.

Dönel kavşaklarda hizmet düzeyi, sinyalize kavşaklarda olduğu gibi araç başına ortalama kontrol gecikme süresi ile ilişkilendirilmiştir (Tablo 2.7). Kavşağın bir kolunda araç başı ortalama gecikme süresi 0-10 saniye arasında ise o kavşak kolu için A, 10-15 saniye arasındaysa B, 15-25 saniye arasındaysa C, 25-35 saniye arasındaysa D, 35-50 saniye arasındaysa E, 50 saniye üzerindeyse F hizmet düzeyine sahip olarak adlandırılır. Hizmet düzeyinin her kol için ayrı hesaplanması gerekmektedir.

Tablo 2.7: Dönel kavşaklar için hizmet düzeyi kriteri [13]

Hizmet Düzeyi	Ortalama Kontrol Gecikmesi (sn/araç)
A	0-10
B	>10-15
C	>15-25
D	>25-35
E	>35-50
F	>50

2.9. DÖNEL KAVŞAKLARIN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

Dünyada modern dönel kavşak olarak adlandırılan dönel kavşakların kullanımı oldukça yaygındır. Bilindiği üzere modern dönel kavşakların ilk örnekleri 1960'lı yıllarda İngiltere'de görülmeye başlanmıştır. Daha sonra diğer ülkelerde yaygınlaşmaya başlamıştır.

2.9.1. Dönel Kavşakların Avantajları

- Sürücülerin kavşağa yaklaşırken hızlarını azaltmalarını sağlar,
- Sürücülerin hızlarını azaltmaları nedeniyle muhtemel araç-arac ve araç-yaya kazalarının şiddetini azaltır.
- Kaza şiddetinin az olması, maddi ve manevi kayıpların şiddetini de azaltır
- Trafiğin durmasından ziyade yol verme prensibine göre çalıştığından, trafiğin durmasını ve ani frenlemeleri (sinyalize kavşaklara nazaran) önleyebilmektedir
- Eşit trafik hacim koşulları altında kontrol gecikme süreleri muhtemelen sinyalize kavşaktan daha az olacaktır.
- Kavşakta durma ve bekleme olmadığı için karbon emisyonunun azalmasına ve çevrenin de daha az kirlenmesine önayak olur
- Genel olarak bakım ve işletme maliyetleri sinyalize kavşaklara göre daha düşüktür.

2.9.2. Dönel Kavşakların Dezavantajları

- Özellikle ülkemizde yol-verme kurallarına göre çalışan bu kavşaklarda kural ihlali yapan sürücüler kazalara neden olabilmektedir.
- Koordine edilen sinyalizasyonlu ağların kullanılması halinde, modern dönel kavşak ağın genel kapasitesini azaltabilir.
- Kuyruk olduğu zamanlarda sürücülerin kavşağa girmek için uygun boşluk bulmaktaki sabırsızlıkları kazalara neden olabilir.
- Mevcut trafik hacmine göre inşa edilecek modern dönel kavşaklarda, merkez çap, dış çap gibi temel unsurları için yeterli alanın olmaması veya kamulaştırma maliyetinin yüksek olmasıdır.

2.10. TRAFİK İŞARETLERİ

Ülkemizde 2918 Sayılı Karayolları Trafik Kanunu'nun 7.maddesi (b) bendi ile "Tüm karayollarındaki işaretleme standartlarını tespit etmek, yayınlamak ve kontrol etmek" görev ve yetkisi Karayolları Genel Müdürlüğü'ne verilmiştir [14].

Trafik işaretleri, Avrupa Ekonomik Konseyine üye ülkelerin 8 Kasım 1968 yılında Viyana'da imzalamış oldukları Karayolu Işıklı İşareti ve İşaret Levhaları Anlaşması'na ve söz konusu anlaşmanın daha sonraki revizyonlarında yer alan hususlara dayanmaktadır [14].

Bu tez çalışmasında çalışılan kavşak üzerinde, yatay ve düşey işaretlemelere ek olarak işaretlemeler yapıldığından, yatay ve düşey işaretlemeler tanıtılacaktır.

2.10.1. Trafik İşaretlerinin Özellikleri

Trafik işaretlerinin tesisinde beş temel kural devamlı göz önünde bulundurulmalıdır.

- Standart olmayan işaret ve tesisler kullanılmamalıdır.
- Trafik işaret levhalarının uygun bir kararla kullanılması ve bunların sayısının sınırlandırılması gerekir. Trafik işaret levhalarının gereksiz olarak fazla sayıda kullanılmaları, inandırıcılıklarını ve etkinliklerini yitirmelerine neden olur. Bu bakımdan, trafik kontrol elemanları mümkün olduğu kadar az fakat gerektiği kadar çok olmalıdır.
- Trafik işaretleri ve tesisleri, trafik güvenliği için büyük anlam ifade ederler. Öyle tesis edilmelidir ve bakımları öyle yapılmalıdır ki gece-gündüz hareket halindeki bir araçtan rahatça tanınıp anlaşılabilir.
- Trafik işaretleri ve tesislerinin amaca uygunluğu, yörenin yabancıları tarafından test edilmelidirler. Yani, işaretleme yöreyi bilenlere göre değil, yörenin yabancılarına zorluk çıkartmayacak şekilde yapılmalıdır.
- İşaretleme yapan Kuruluşların, trafik işaretlerini Trafik İşaretleri El Kitabı'nda belirtilen esaslar dahilinde ve sadece Trafik İşaretleri El Kitabı'nda konulması gerektiği belirtilen durumlarda kullanması gerekmektedir. Trafik İşaretleri El Kitabı'nda işaret levhalarının konulmasının gerekli olduğu durumlar belirtilmiştir ve şekillerde genel olarak anlatılan konu ile ilgili işaretlere yer verilmiş olup, şekillerde gerekli olabilecek diğer işaretlerin kullanılmamasını gerektirmez [14].

2.10.2. Trafik İşaretlerinin Algılanabilirliği ve Bilinirliği

Algı, bir süreç olarak bireyin duyu organlarının, uyarıcılar tarafından uyarılması sonunda meydana gelen duyuların, beyine iletdikten sonra, daha önceki izlenimleri yardımıyla, bu uyarımları doğuran etkenlerin tanımlanmasıdır. Algılamak ise, algının meydana gelmesi fiilini içerir ki, bir nesne, bir olay veya durum, duyum anı ve çağrışımın katıldığı bir refleks gelişme içinde, bilinçlenme ve eylemdir [15].

Trafik işaretleri ve levhalarını algılamada yalnızca sürücü becerisine sahip olmak değil, aynı zamanda güvenli bir sürücü becerisine de sahip olmak gerekmektedir. Bunun bazı koşulları vardır:

- İyi derecede konsantre olabilme yeteneğine sahip olmak,
- Doğru gözlem yapmak,
- Aracın hızını ve yönünü duruma göre ayarlamak,
- Özel yol ve trafik koşullarındaki risklerin farkında olmak,
- Tanımlanmış riskleri en aza indirecek biçimde davranmak,
- Hem kendi sınırlarının hem de aracın ve yolun sınırlarının farkında olmak,
- Aracı beceriyle kontrol etmek,
- Yol güvenliğine katkıda bulunacak davranışlar sergilemektir [15].

Yakut [15], çalışmasında, ehliyeti olan 210 kişi (23 kadın, 187 erkek) çeşitli trafik işaretleri ve levhalarında bilgi ölçmeyi kapsayan 20 soruluk bir anket yapmış ve anketteki sorulara doğru cevap verme oranının erkeklerde %81,8, bayanlarda %73,2 olduğunu görmüştür.

Ancak trafikte seyreden araçların güvenli bir sürüş gerçekleştirmeleri ve diğer yaya ve sürücülerin de güvenliğini tehlikeye atmamaları için %100' e yaklaşan oranlarda bir bilinirliliğin olması gerekmektedir. Maalesef trafikte küçük hatalar büyük sonuçlar doğurmakta ve trafikte yapılan hataların özü genelde mümkün olmamaktadır.

Koyuncu [16], çalışmasında “Trafik İşaretleri en çok dikkat çektiklerinde, açık basit bir anlam ilettiklerinde ve uygun bir cevap için yeterli zaman bıraktıklarında etkilidirler. Dolayısıyla sürücüler için anlaşılır trafik işaretleri (yatay ve düşey) önem arz etmektedir. Ayrıca sürücülerin yol durumuyla ilgili bir ön bilgiye hazırlanmaları veya ipuçlandırılmaları durumunda daha hızlı ve güvenilir kararlar aldıklarının saptanmıştır” ifadesini kullanmaktadır.

2.10.3. Yatay Trafik İşaretlemeleri

Yol kaplaması işaretleri (Yatay İşaretleme); trafiğin düzenlenmesi, bazı yasaklama ve kısıtlamaların belirtilmesi ve yolu kullananlara rehberlik etmesi amacıyla yol yüzeyine çizilen çizgiler, oklar, yazı ve sembollerden oluşmaktadır. Yatay trafik işaretleri, gündüz yol kaplaması ile iyi bir kontrast oluşturmali, gece far ışığında özel katkı maddelerinin etkisiyle kolayca görünür olmalıdır [14].

Yatay trafik işaretlerinin de trafik işaret levhalarında olduğu gibi aynı etkiyi yaratması bakımından mutlaka gece görünürlüğünün sağlanması gereklidir. Yatay trafik işaretlerinin algılanması trafik işaret levhalarına nazaran daha fazla olduğu için sürücülere verilen mesajlar daha kolayca yerini bulmaktadır. Yol kaplaması üzerine çizilen çizgilerle, yazılarla, yapılan ok ve sembollerle sürücülere önceden yol hakkında bilgiler verilir, yasaklama ve kısıtlamalar bildirilir [14].

- Yol kaplaması yüzeyine çizilen çizgilerle, yolu kullananlara geçme yasakları bildirilir.
- Şerit çizgileri ve yönlendirici oklar ile kavşaklarda ve yollarda trafiğin seyir yönüne uygun şeridi kullanması ve sonucunda yol kapasitesinin artırılması sağlanır.
- Kenar çizgileri ile yolun kaplama sınırları sürücülere bildirilir.
- Yoldaki bakım-onarım çalışma sahaları ve olağandışı daralma ya da kaplamadaki farklılıklar gösterilir.
- Yaya geçidi gibi işaretlerle yolun aynı düzeyde yayalar tarafından da kullanılma olasılığı belirtilmiş olur [14].

Yatay işaretlemenin; trafik düzeninin sağlanması ve yol emniyetinin yerine getirilmesi fonksiyonunu başarabilmesi, ekonomi ilkelerine uygun olması ve gereksiz trafik müdahaleleri ve uygulama esnasında kargaşa yaratmaması için aşağıdaki özellikleri taşıması gereklidir [14].

- İyi tanımlanmış geometrik boyutlandırma olmalıdır. Yani çizginin eni, boyu, sembol, yazı ve rakamların ebatları verilen toleransları aşmamalıdır.
- Gündüz görünürlüğünün sağlanabilmesi için işaretleme yeterince beyaz, ışığı geri yansıtma (retrorefleksiyon) ve kirlenme direnci (kir ve pas tutmama özelliği) yüksek olmalıdır.
- Her türlü ışık altında yeterince görünür olmalıdır.
- Kaymaya karşı yeterince dirençli olmalıdır.
- Tabana iyi yapışan, her türlü hava şartına ve kar mücadelesi amacıyla yola atılan tuza dayanıklı olmalıdır.
- Aşınmaya karşı dayanıklı olmalıdır.
- Uygulamadan sonra yolun hemen trafiğe açılabilmesi için kuruma süresi kısa olmalıdır.

- Sürüş güvenliği ve drenaj teknikleri nedeniyle yol sathında çok fazla kabarıklık yapmaması gereklidir.
- Yol yüzeyinde kaplamayı bozucu etkisi olmamalıdır.
- İş ve çevre güvenliğinin sağlanması için işçi koruma ve çevre yasalarında öngörülen yasaklı kimyasallar içermemelidir.
- İşaretleme malzemeleri depolanmaya yeterince elverişli olmalı ve kolay işlenebilmelidir [14].

2.10.4. Düşey Trafik İşaretlemeleleri

Düşey işaretleme, yol kaplaması dışına dikilen direk ve benzeri elemanlara monte edilen trafik işaret levhaları ile diğer trafik kontrol elemanlarını kapsar. Ancak, yol kenar dikmeleri, oto korkuluklar üzerine monte edilen yansıtıcılar ve benzeri diğer trafik kontrol elemanları bu el kitabı kapsamı dışında bırakılmışlardır. Trafik işaret levhaları, yolu kullananlara yol ve çevresinin genel karakteristikleri hakkında gerekli görülen uyarı ve önerilerin yazı ve semboller halinde mesajlarla aktarılmasını sağlarlar. Nizami bir şekilde kullanıldıkları takdirde, trafik işaret levhaları karayolu güvenliğine büyük ölçüde katkıda bulunurlar [14].

Düşey trafik işaretleri;

- a) Tehlike uyarı işaretleri
- b) Trafik tanzim işaretleri
- c) Bilgi işaretleri
- d) Durma ve partketme işaretleri
- e) Yapım bakım onarım işaretleri
- f) Paneller (açıklayıcı elemanlar)

olarak altı grupta tanımlanırlar [14].

Bu tez çalışmasında modern dönel bir kavşaktaki işaretlemele ve ek trafik işaret uygulamaları konu edildiğinden, sadece trafik tanzim işaretlerinden bahsedilecektir.

Tablo 2.8: Trafik işaretlerinin ebatları [14]

Trafik İşaret Levhası Şekli	1	2	3	4
Daire (mm)	450	600	900	1200
Üçgen (mm)	600	900	1350	1600
Kare (mm)	450	600	600-900	1200
Dikdörtgen (mm)	400*600	500*750	800*1200	800*1200
	450*600	600*900	600*900	-
Sekizgen (mm)	600-750	900	900	1200

Bu tez çalışmasında konu edilen modern dönel kavşakta Tablo 2.8'in ikinci sütununda verilen ebatlar standart olarak kullanılmaktadır.

- Birinci sütundaki levhalar, normal ebattaki trafik işaretlerinin konulamayacağı yerlerde ve şehir içindeki dar sokaklarda,
- İkinci sütundaki levhalar normal işaretlemelerde standart olarak,
- Üçüncü sütundaki levhalar otoyollar ve benzeri özelliklere sahip diğer yollar, aynı yönde iki ya da ikiden fazla şeridi olan meskûn mahal dışındaki bölünmüş yollarda ve yıllık ortalama günlük trafiğin 2500'ün üzerinde olan diğer yollarda kullanılır [14].

Trafik işaretlerinin algılanabilmesi ve sürücülerin optimum zamanda gerekli davranışı sergileyebilmeleri için yatay-düşey trafik işaretlerinin görünebilirliği oldukça iyi olmalıdır. Bu işaretlemeler için gece ve gündüz görünürlükleri son derece önemlidir.

Yatay trafik işaretlemelerinde geri yansımaya (retrorefleksiyon) çeşitli tip ve malzeme özelliklerine sahip cam kürecikleri ile sağlanırken, düşey işaretlemelerde geri yansımaya levhaların geri yansıtıcı malzemelerle imalatı veya bunların aydınlatılmasıyla sağlanır.

Karayollarında kullanılan geri yansıtıcı malzemeler özelliklerine göre üçe ayrılmaktadır.

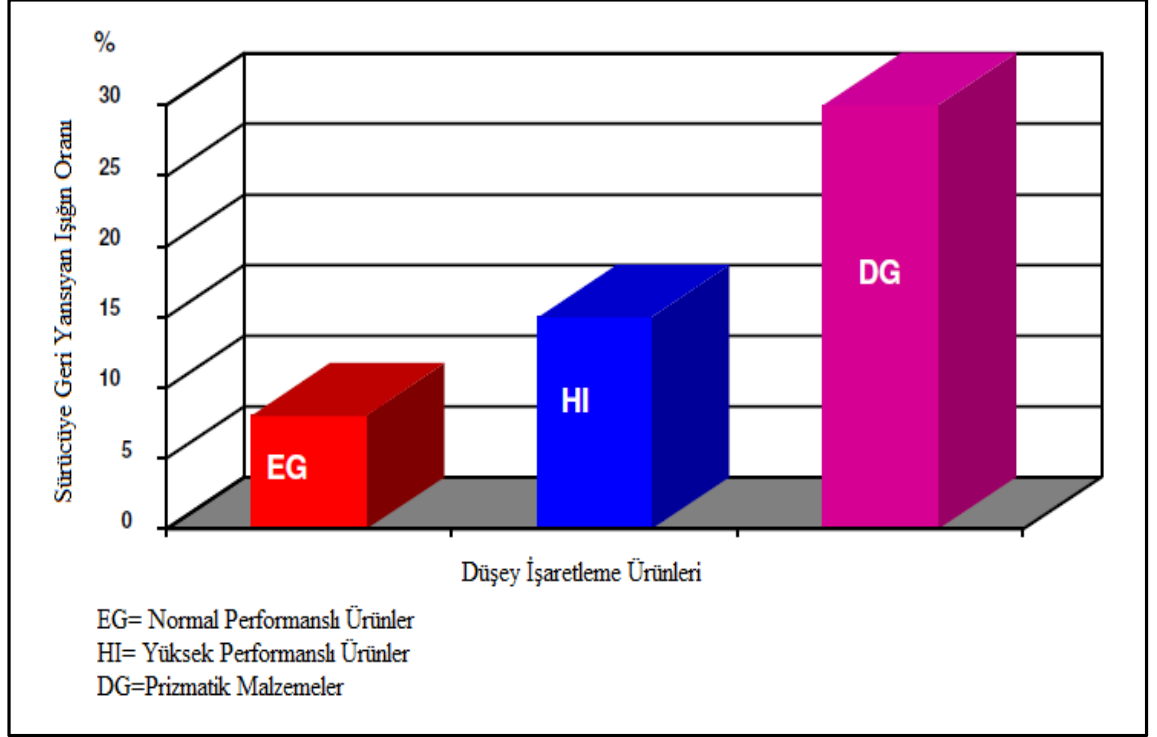
- 1- Aydınlatılmamış karayollarında ve trafiğin yoğun olmadığı yollarda orta derecede yansıtma gücüne sahip normal performanslı geri yansıtıcı malzemeler kullanılmalıdır.
- 2- Otoyolların düşey işaretlemesinde, yüksek miktarda trafik akımı olan karayollarında, bakım onarım sahalarının işaretlenmesinde, yarı aydınlatılmış kesimlerde ve kaplama üstü yön levhalarında, yüksek yansıtma gücüne sahip malzemelerin kullanımı tercih edilmelidir.
- 3- Aydınlatılmış mahallerdeki işaretlemelerde, otoyollar üzerinde kullanılan kaplama üstü yön levhalarında ve çok fazla taşıt trafiğine haiz kesimlerde yansıtma gücü çok yüksek malzemelerin kullanımı tercih edilmelidir [14].

Geri yansıtıcı malzemelerden flörsan özelliğine sahip olanlar, kara noktaların (yoğun kaza olan karayolları) ve bakım onarım sahalarının işaretlenmesi ile sisli kesimlerde tercih edilmelidir [14].

Aynı yol kesiminde ve özellikle de aynı direk üzerinde değişik türden yansıtıcı malzemeden imal edilmiş trafik işaret levhaları kullanılmamalıdır. Trafik işaret levhalarının temiz ve iyi bir durumda tutulması gerekir. Levhaların yansıtma güçleri gerek gündüz, gerekse gece ortamında periyodik olarak ölçülmelidir [14].

Aynı direk üzerinde değişik türden yansıtıcı malzemeye sahip levhaların üst üste veya yan yana kullanılması performansı yüksek olan levhanın diğerini gölgelemesine ve levhada karanlık noktaların oluşmasına neden olabilir.

Günümüzde düşey trafik işaretlemelerinde kullanılan genel olarak normal ve yüksek performanslı geri yansıtıcı ürünler ile prizmatik malzemeler kullanılmaktadır ve bu ürünlerin geri yansıtıcılığı farklıdır (Şekil 2.14).



Şekil 2.14: Geri yansıtma yüzdeleri ve trafik malzemeleri [17]

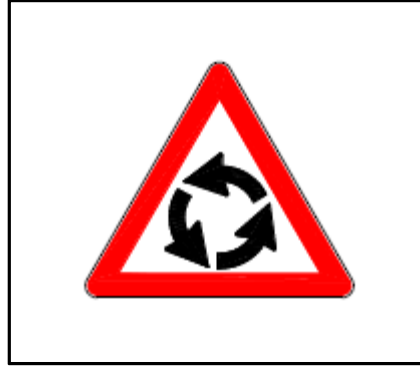
2.11. DÖNEL KAVŞAKLARIN İŞARETLENMESİ

Modern dönel kavşaklar, kavşak kollarından gelen araçların kavşak içindeki araca yol vermesi prensibiyle çalıştırlarından, kavşak kollarından gelen sürücülerin bu yönde uyarılmasını sağlayacak şekilde işaretlenmektedir.

2.11.1. Dönel Kavşaklarda Düşey İşaretleme

2.11.1.1. T-24 Dönel Kavşak Yaklaşımı Levhası

T-24 Dönel kavşak yaklaşımı levhası (Şekil 2.15) , trafik uyarı işaretleri grubundaki yer alır. Sürücülere seyir halindeyken ileride dönel kavşak olduğunu belirtmek amacı ile kullanılabilir. Bu tehlike uyarı işareti, görüş olanağının sınırlı olduğu ya da dönel kavşağın başka bir nedenden dolayı tehlike arz ettiği durumda kullanılabilir.



Şekil 2.15: (T-24) Dönel kavşak yaklaşımı levhası [14]

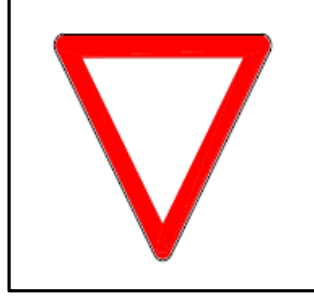
T-24 Dönel kavşak yaklaşım levhalarının kullanılıp kullanılmayacağı hakkında aşağıdaki tablodan yararlanılabilir. Görüş mesafelerinin Tablo 2.9’da belirtildiği durumlarda bu levha dönel kavşakların düşey işaretlemesinde kullanılmayabilir.

Tablo 2.9: Görüş mesafesi T-24 levhasının kullanımı [14]

İşletme Hızı (km/saat)	Kavşağa kadar olan görüş mesafesi (metre)
100	300
80	200
60	150
<60	125

2.11.1.2. TT-1 Yol Ver Levhası

(TT-1) Yol Ver trafik işaret levhası (Şekil 2.16) ana yol-tali yol kavşaklarında, tali yoldan kavşağa yaklaşmakta olan sürücülerin gerekmediği durumlarda kavşakta durmaksızın, ana yolda seyretmekte olan araçlara yol vermesi gerektiğini belirtir.



Şekil 2.16: (TT-1) Yol Ver trafik işaret levhası [14]

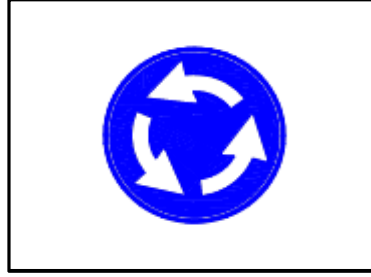
Bu işaret levhasının normal montaj yeri kavşak girişinde, varsa yaya geçidinden önceki yol ver çizgisinin bulunduğu yerdir. Bu levhanın, kavşağa 25 metreden daha uzak bir yere konulmaması gerekir [14].

Yol Ver işaret levhasının kullanılacağı durumlar [14]:

- Motorlu araçlardan soldakinin sağdaki araçlara ilk geçiş hakkını vermesi gerektiği genel kuralının işe yaramayacağı, fakat yaklaşmakta olan başka bir taşıt yoksa DUR komutunun gerekli olmadığı kavşaktaki tali yol üzerinde,
- Ana yolla kavşak teşkil eden, ancak trafiğin durmasını gerektirmeyecek derecede görüşün açık olduğu tali yollarda,
- Bir otoyol ve ekspres yola giriş rampası üzerinde,
- Yeterli hızlanma şeritlerinin bulunmadığı ekspres ve otoyol girişlerinde,
- Sağa dönüşleri bir ada ile korunmuş olan kavşaklarda sağa dönen trafiğin ana yola dahil olmasından önce, (yeterli hızlanma şeridi yoksa)
- Mühendislik etütlerinin bir “Yol-Ver” işaretinin kullanılmasının gerekli olduğunu gösterdiği diğer herhangi bir durumda.

2.11.1.3. TT-37 Ada Etrafında Dönünüz Trafik İşaret Levhası

TT-37 Ada etrafında dönünüz işaret levhası (Şekil 2.17) dönel kavşaklarda izlenmesi gereken seyir yönünü gösterir. Bu işaret levhasının dönel kavşağın her girişine konulması gerekir. Dönel kavşağa giren sürücülerin kavşak içindeki sürücülere yol vermesi gerektiğini belirten genel bir kural olması sebebiyle, TT-37 nolu Ada Etrafında Dönünüz işaret levhası ya TT- 1 nolu “Yol Ver” levhası ile ya da TT-2 nolu “Dur” işaret levhası ile birlikte kullanılacaktır [14].

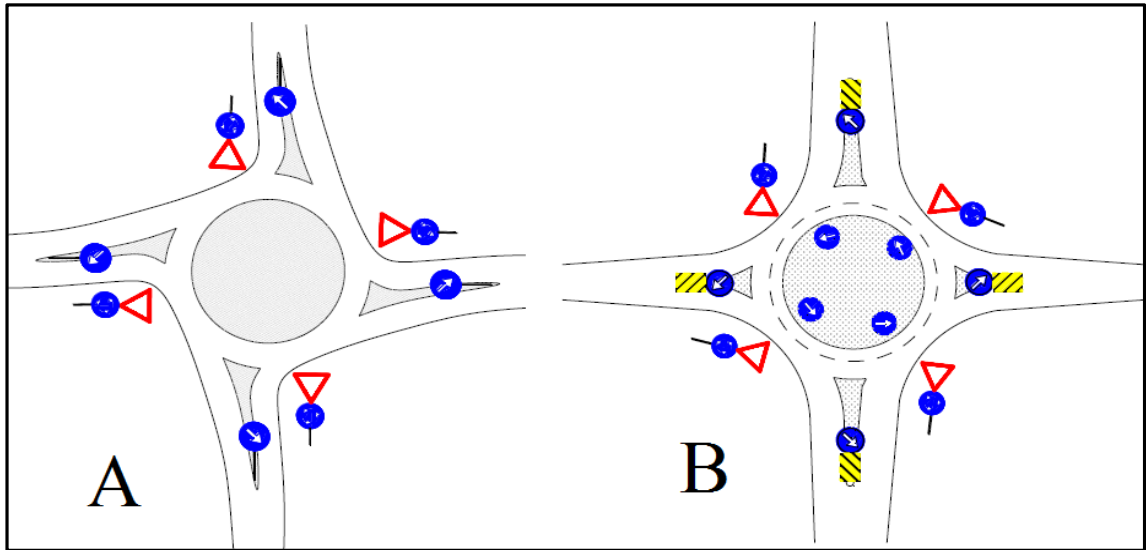


Şekil 2.17: (TT-37) Ada etrafında dönünüz trafik işaret levhası [14]

Bu işaret levhası, dönel kavşaklarda izlenmesi gereken seyir yönünü gösterir. Bu işaret levhasının dönel kavşağın her girişine konulması gerekir. Dönel kavşağa giren sürücülerin kavşak içindeki sürücülere yol vermesi gerektiğini belirten genel bir kural olması sebebiyle, TT-37 nolu “Ada Etrafında Dönünüz” işaret levhası ya TT- 1 nolu “Yol Ver” levhası ile ya da TT-2 nolu “Dur” işaret levhası ile birlikte kullanılacaktır [12].

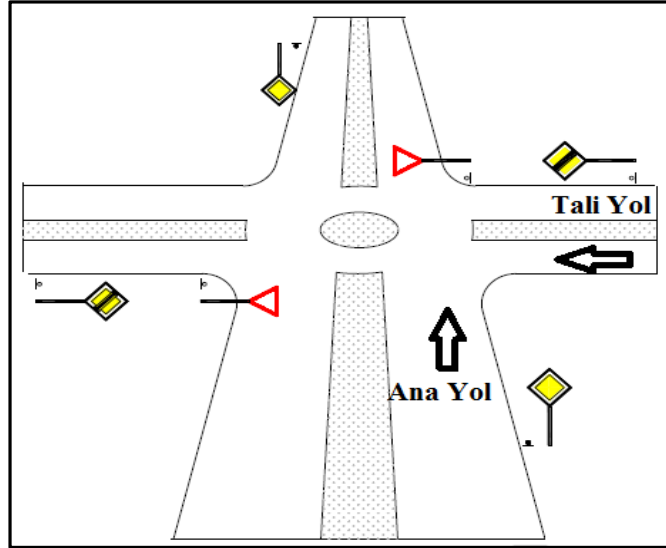
Ancak TT-37 nolu ada etrafında dönünüz işaret levhasının, TT-2 nolu Dur işaret levhası ile kullanıldığı kavşaklar, dönel kavşak özelliğinde değildir.

Normal olarak dönel kavşaklardaki standart işaretleme (Şekil 2.18) A’daki gibi olmalıdır. (Şekil 2.18) B’deki T-34 nolu “Refüj Başı” Ek Levhası ve TT-35a nolu “Sağa Mecburi Yön” levhaları, ilave vurgulama gerektiği zaman kullanılmalıdır.



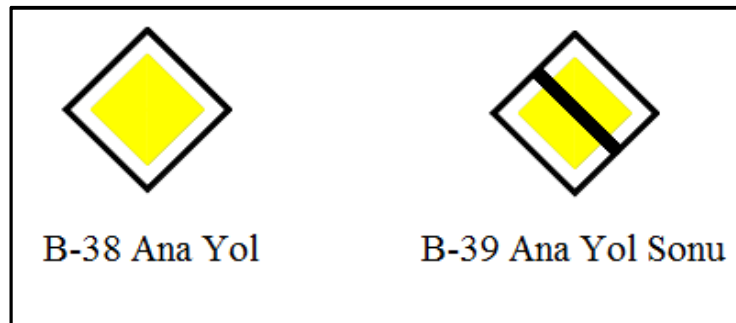
Şekil 2.18: Dönel kavşak işaretlemeleri [14]

Seyir hızını düşürmeye engel bir durumun olmadığı adalı kavşakların dönel kavşak olarak işaretlenmemesi gerekir (Şekil 2.19). Bu tip kavşakların ortasında dönüş adası bile olsa ana yol- tali yol kavşaklarında uygulanan sistem dahilinde işaretleme yapılmalıdır.



Şekil 2.19: Dönel kavşak olmayan adalı bir kavşakta işaretleme örneği [14]

Dönel kavşakların en büyük özelliklerinden birisinin ana yoldan gelen trafiği kendisine özgü geometrik yapısıyla yavaşlatmasıdır. Şekil 2.19'daki gibi yapılarda, dönel kavşak işaretlemeleri yapmak, sonucu ağır kazalara yol açabileceği gibi, sorumlular hakkında cezai müeyyidelerin doğmasına sebep olabilmektedir.



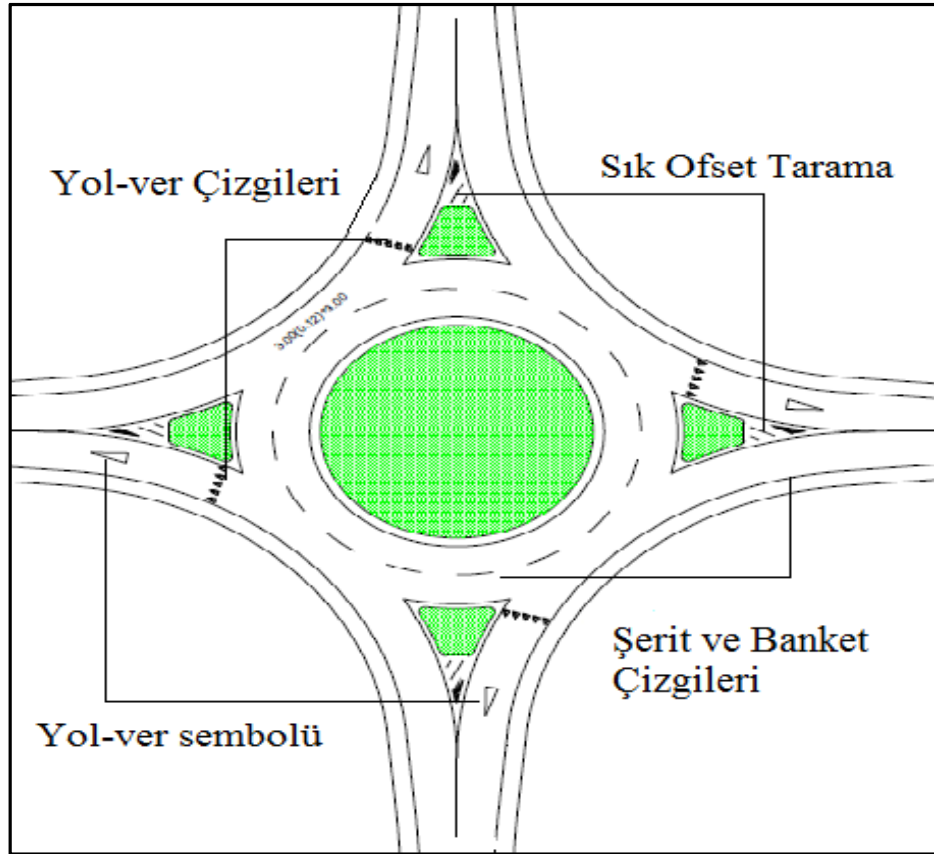
Şekil 2.20: Ana Yol ve Ana Yol Sonu İşaret Levhaları [14]

Ülkemizde “Ana Yol” ve “Ana Yol Sonu” sonu levhaları çok sıklıkla olmasa da kullanılmaktadır. Özellikle şehir dışındaki yollarda tali yol-anayol bağlantılarında ve sinyalizasyon kavşaklarında olası bir arızaya karşı araçların ana yolda mı yoksa tali yolda mı oldukları hakkında bilgilendirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu bilgilendirme ile sürücülerin geçiş önceliklerine ve kurallarına uymaları ve olası bir kaza tehlikesinin önlenmesi amaçlanmaktadır. Ancak bu levhaların bilinirliği tartışmaya açıktır.

2.11.2. Dönel kavşaklarda Yatay İşaretleme

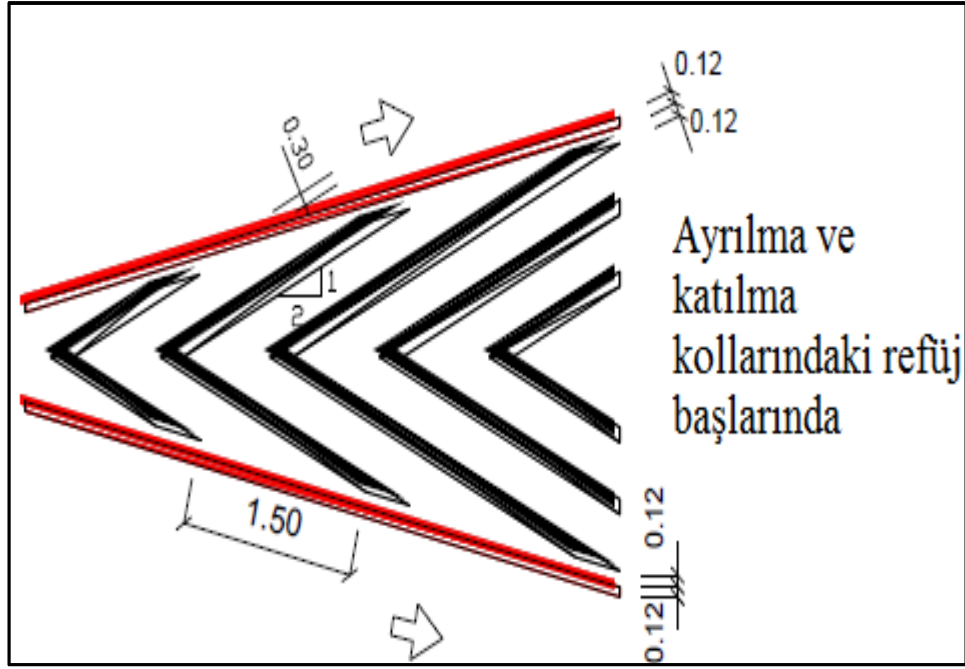
Dönel kavşaklarda yatay işaretleme Ülkemizde Trafik İşaretleri El Kitabı'nda belirtildiği gibi yapılmamaktadır. Karayolları Genel Müdürlüğü'nün sorumluluğu dahilinde olmayan mahallerde de 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanunu asgari Trafik İşaretleri El Kitabı'ndaki gibi uygulama yapılmasını gerektirir. Ancak Karayolları Genel Müdürlüğü'nün sorumluluğu dahilinde olmayan yerlerdeki sorumlu kurumların kimi zaman ödenek sıkıntısı çektiklerinden yeterli yatay ve düşey işaretlemleri yapmaları mümkün olmayabilmektedir.

Trafik İşaretleri El Kitabı'nda dönel kavşakların yatay işaretlelenmesinde (Şekil 2.21) ofset taramalar, yol-ver çizgileri, şerit ve banket çizgileri ile yol-ver sembolü kullanılması gerektiği anlatılmaktadır ve bu şekliyle standarda bağlanmıştır.



Şekil 2.21: Dönel kavşaklarda yatay işaretleme [14]

Sık ofset taramalar veya ofset taramalar (Şekil 2.22), kullanılan alanın boş bırakılması ve araçlar tarafından kullanılmamasını anlatmaktadır. Bir başka deyişle şeritleri düzenleyen bir şerit rejim uygulamasıdır. Bu işaretlemeler ayrılma ve katılma kolları ile refüj başlarında kullanılmaktadır. Dönel kavşaklarda dönüş platformunun daraltılmasında, ayrıca kavşak kollarından kavşağa yaklaşan araçların sağa dönüş hareketini sağlamak amacıyla sol şeritlerin taranarak şerit ekseninin kaydırılmasında kullanılmaktadır. Bir başka kullanım yeri de sürücülerin belli bir mesafe sonrası daralan kaplamayla karşılaşacaklarını belirtmek içindir.



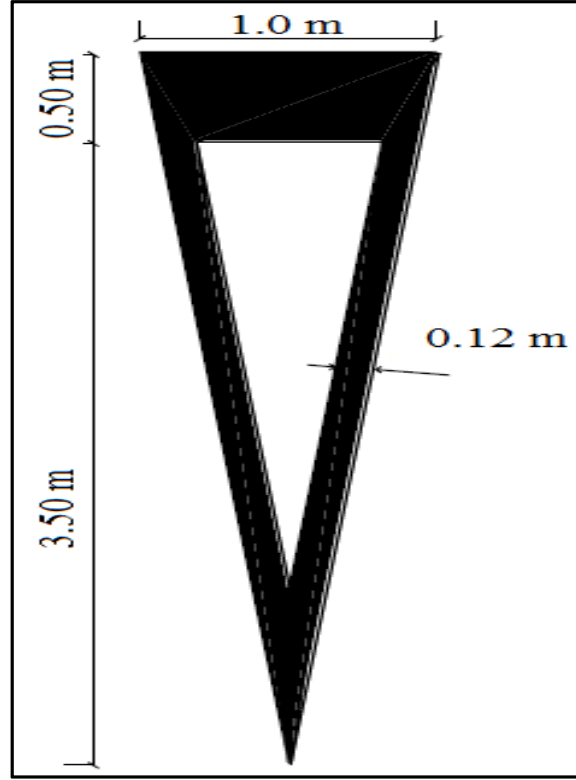
Şekil 2.22: Sık ofset tarama [14]

Yol-Ver Sembolü ($V \leq 60$ km/saat)

Bu çalışmada, üzerinde çalışılan dönel kavşak şehir içinde ve azami hız sınırı 50 km/saat olduğundan, bu alanlarda uygulanan “Yol-Ver” sembolü (Şekil 2.23) dikkate alınmıştır.

“Yol-Ver” sembolü dönel kavşakta yaklaşım kollarının dönel kavşak ile birleştiği noktadan daha geride olmak üzere uygulanmaktadır. Ancak bu sembol genel olarak içi boş ve renksiz olarak soğuk yol çizgi boyası ile uygulanmaktadır.

Soğuk yol çizgi boyası her ne kadar da cam kürecikleri ile geri yansıtıcı özellikte olsa da, termoplastik yol çizgi boya kadar dayanıklı değildir. Ancak uygulaması son derece hızlı ve basittir. Termoplastik yol çizgi boya ise en az 220°C de uygulanması ve özel araç-ekipman gerektiğinden, uygulaması hem daha masraflı hem de daha risklidir.

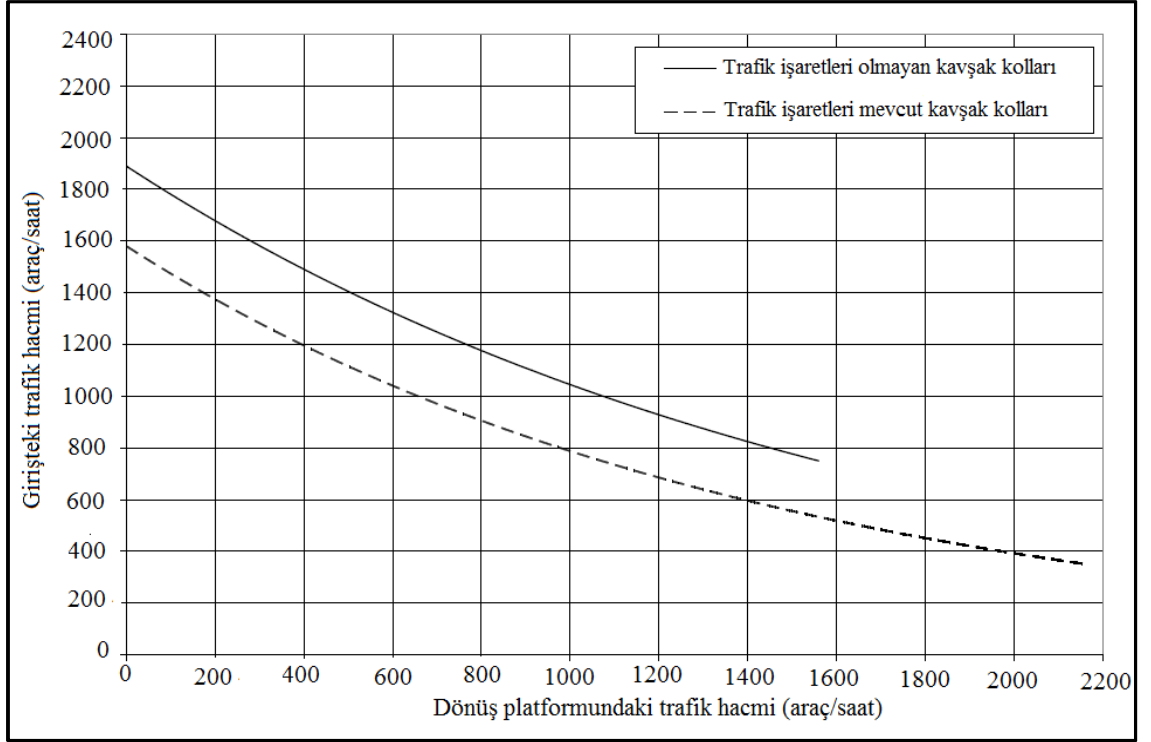


Şekil 2.23: Yol-ver sembolü [14]

Yatay yol işaretlemelerinin kullanımı, dönel kavşakların işletimini daha güvenli hale getirebilmektedir. İyi işaretlenmiş bir dönel kavşakta sürücülerin davranışları daha derli toplu olması ve sürücülerin kavşak kollarında doğru şeridi seçebilmelerini sağlayabilmektedir.

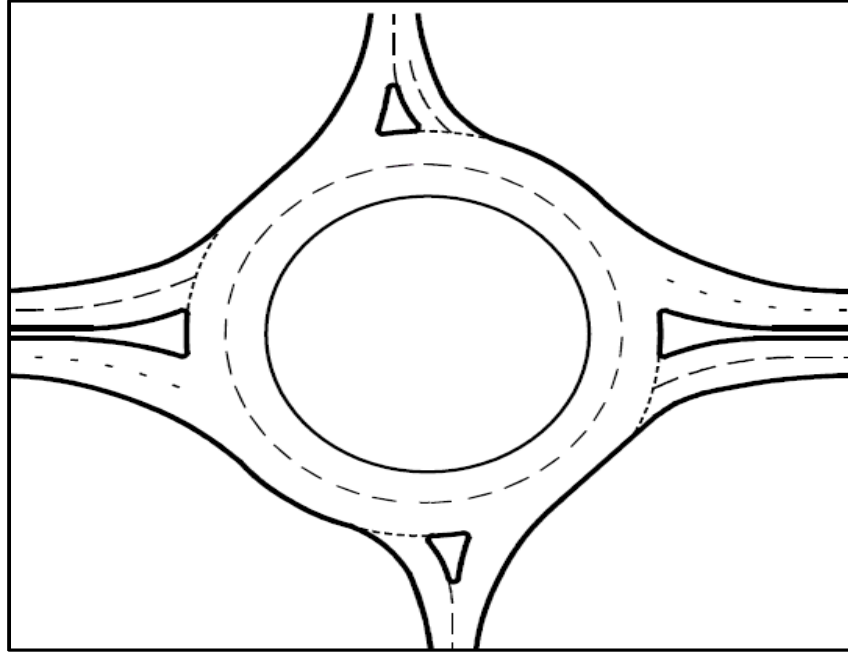
Lemann ve Santel [12], trafik tabelaları ile yön gösteren yatay işaretlemelerin dönel kavşakların giriş kapasitesi üzerinde beklenmeyen negatif etkilerini göstermeye çalışmışlardır (Şekil 2.24). Çalışmalarında trafik levhaları ve yatay işaretlemeleri mevcut bir dönel kavşak ile hiçbir işaretlemeye sahip olmayan bir dönel kavşağın giriş kapasitelerinin karşılaştırılmasını yapmışlardır. Sonuç olarak trafik tabelaları ve yatay işaretlemeye sahip olmayan dönel kavşağın kollarındaki giriş kapasitesiyle diğerinin giriş kapasitesi arasında 200-300 araç/saat'lik bir farkın olacağını göstermişlerdir. Lemann ve Santel [12], bu öngörüye 4 adet işaretlenmemiş kavşak girişi ve 12 adet işaretlenmiş olmak üzere toplam 16 adet kavşak girişi üzerinde çalışarak varmışlardır.

Lemann ve Santel'in [12], Şekil 2.24 deki yaklaşıma nasıl ulaştıklarını açıklamaya çalışacak olursak; şerit çizgileri yön gösteren oklar ve düşey işaretlemeleri olmayan bir dönel kavşakta araçların hızlarını düşürmeleri ve dönüş için doğru şeridi seçmeleri beklenemez. Kapasite birim zamanda bir noktadan geçebilecek maksimum araç sayısı olarak tanımlanmıştır. Trafik işaretlemelerinin olmadığı ve dolayısıyla hızlarını azaltmayan sürücülerin olduğu kavşak girişlerinde birim zamanda geçebilecek araç sayısının da daha fazla olması muhtemeldir.

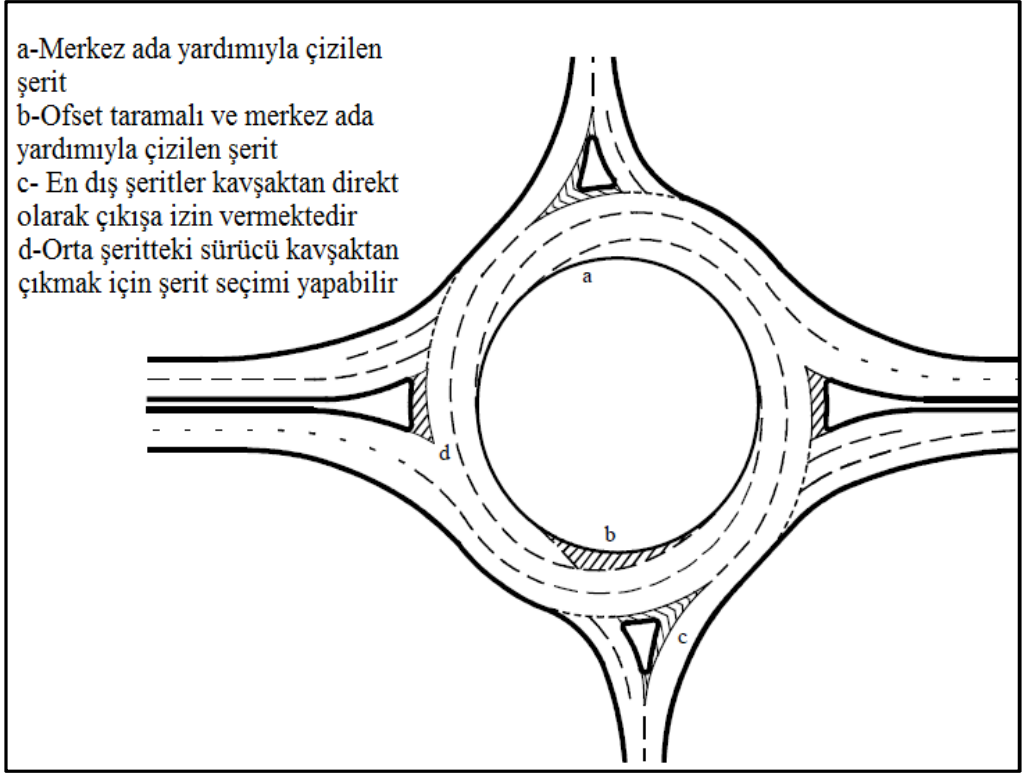


Şekil 2.24: Trafik işaretlemelerinin giriş kapasitesi ve dönüş hacmi üzerindeki etkisi [12].

İngiltere modern dönel kavşakları profesyonelce kullanan ve sürücülerinin bu kavşakları kurallarına göre kullanması açısından önemli bir ülkedir. İngiltere’de dönel kavşaklarda yatay işaretleme ile ilgili bazı örnekler Şekil 2.25 ve Şekil 2.26’da gösterilmektedir. (İngiltere’de trafik soldan akmaktadır.)



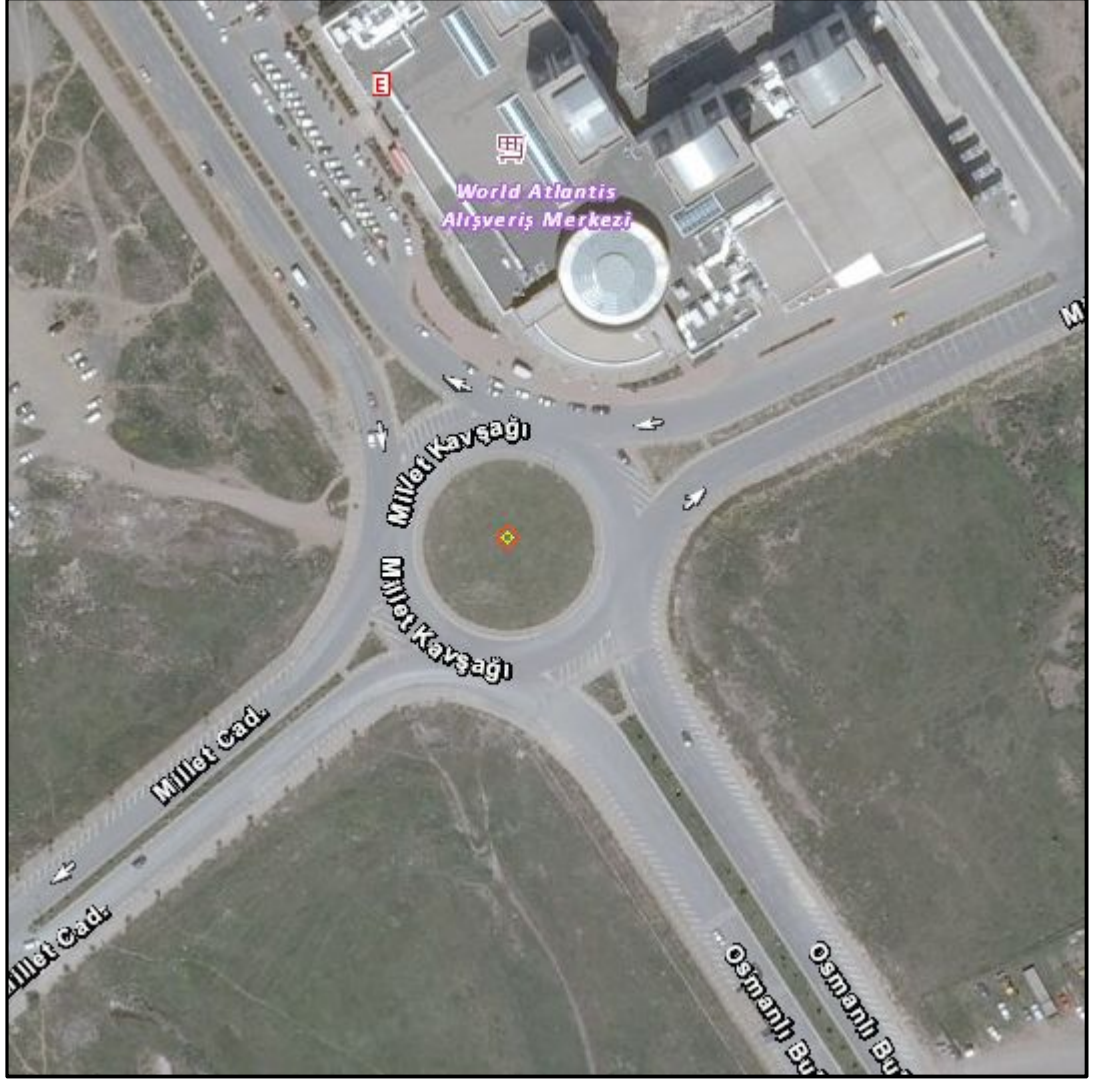
Şekil 2.25: Ortak merkezli dönel kavşak işaretlemesi [18]



Şekil 2.26: Spiral dönel kavşak işaretlemesi [18]

3. MALZEME VE YÖNTEM

Çalışmada incelenecek dönel kavşak seçiminde İstanbul İli içerisinde modern dönel kavşak tanımına en çok uyan dönel kavşaklar arasından seçilmeye özen gösterilmiş ve inceleme sonucunda, İstanbul İli, Pendik İlçesi, Millet Caddesi ile Osmanlı Bulvarı kesişiminde bulunan (X: 441932.03- Y: 4532921.53) dört kollu dönel kavşak seçilmiştir (Resim 3.1).



Resim 3.1: Çalışma yapılan kavşak [19]

3.1. VERİLERİN TOPLANMASI

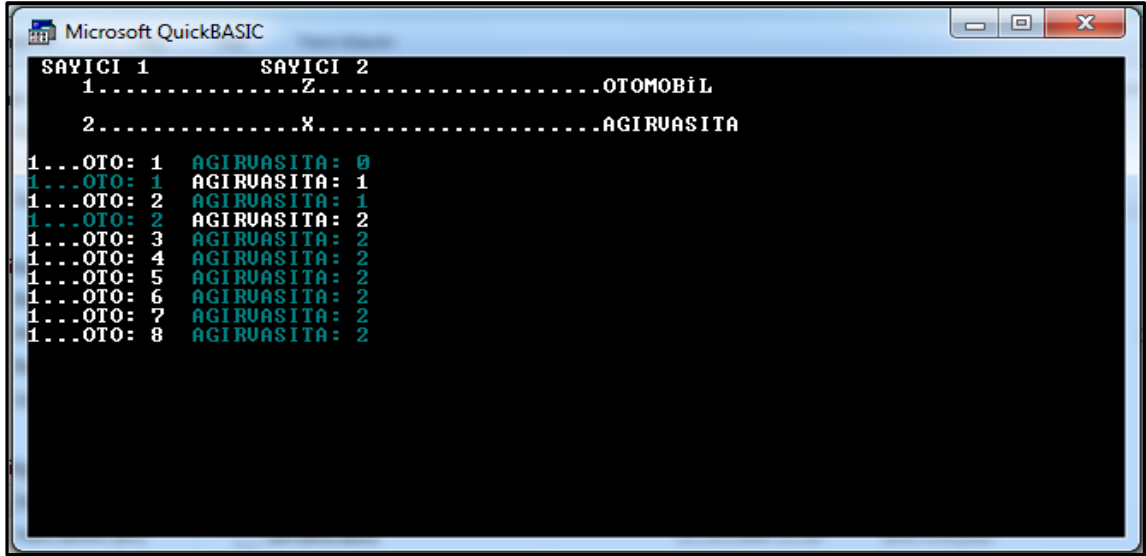
Seçilen dönel kavşakğın mevcut geometrisi ve yatay düşey işaretlemeleri ile giriş kollarındaki trafik hacimleri, belirlenen zirve saatlerde (zirve saatler sabah 08:30-09:30,   len 12:00-13:00 ve akşam 17:00-18:00 saatleri arası olarak belirlenmiştir) kamera ile yapılan çekimlerle belirlenmiş ve bu trafik hacimler kullanılarak kavşakğın mevcut kapasitesi ve her kolun hizmet düzeyi hesaplanmıştır. Bu hesaplamalardan önce kavşakğın giriş kolları, hesaplamalarda herhangi bir karışıklığa neden olmaması için numaralandırılmıştır (Resim 3.2).



Resim 3.2: Çalışma yapılan kavşak kolları [20]

Kavşa a ait çekimler 15'er dakikalık periyotlarla izlenmiştir. Böylelikle periyot $T=0.25$ olarak belirlenmiş ve bu periyotta zirve saat faktörünün $PHF= 1.00$ olması amaçlanmıştır [7, 11]. Araçlar binek araç ve ağır vasıta olarak ayrı ayrı sayılmıştır (şekil 3.1). Çekimlerden araç sayımı yapılırken, sayan kişinin gözlerini ekrandan sık sık ayırmaması için tuşlama tekniği ile sayım yapabilen QBASIC platformunda yazılan basit bir program kullanılmıştır.

Video çekimleri izlenirken QBASIC platformunda yazılan bir program ile programda atama yapılan tuşlara basılmış ve çekim sonucunda istenilen değerlerle ilgili toplam sonuç elde edilmiştir.



```
Microsoft QuickBASIC
SAYICI 1    SAYICI 2
1.....Z.....OTOMOBİL
2.....X.....AGIRVASITA
1...OTO: 1  AGIRVASITA: 0
1...OTO: 1  AGIRVASITA: 1
1...OTO: 2  AGIRVASITA: 1
1...OTO: 2  AGIRVASITA: 2
1...OTO: 3  AGIRVASITA: 2
1...OTO: 4  AGIRVASITA: 2
1...OTO: 5  AGIRVASITA: 2
1...OTO: 6  AGIRVASITA: 2
1...OTO: 7  AGIRVASITA: 2
1...OTO: 8  AGIRVASITA: 2
```

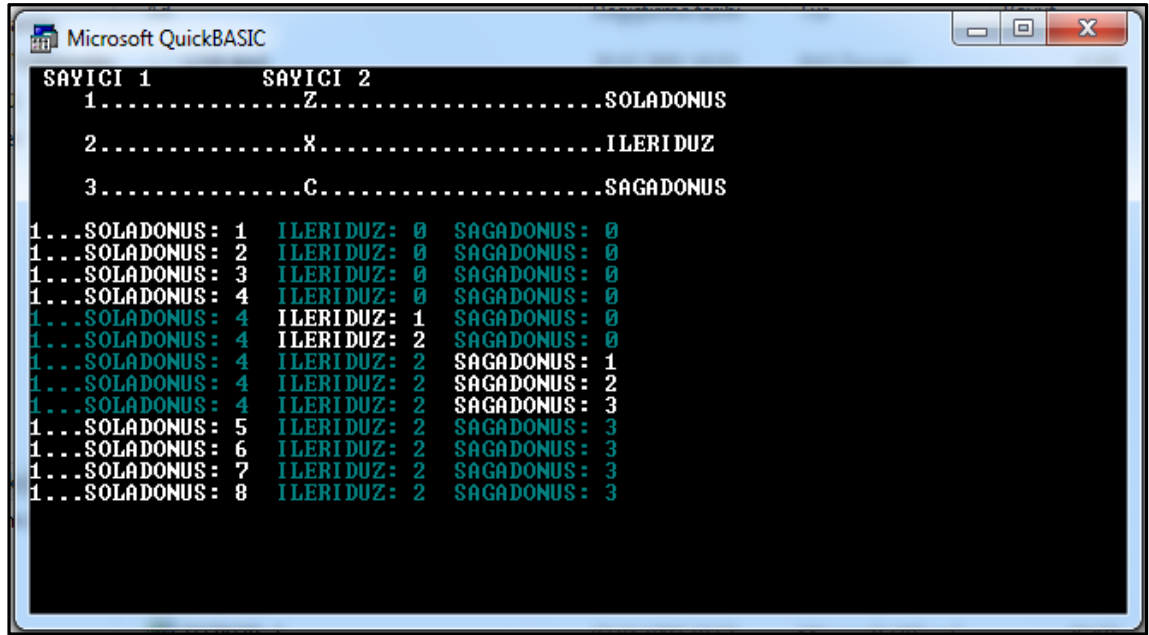
Şekil 3.1: Qbasic örnek ekran görüntüsü

Şekil 3.1’de belli bir zaman diliminde kullanıcının izlediği ekrandan, tuşlara basılarak sayılan araçlar görülmektedir. Örnekteki zaman diliminde 8 otomobil, 2 ağır vasıta sayılmıştır.

Bir dönel kavşakta, kavşağın geliş kollarından gelen araçlar, sağa dönebilir, düz-ileri gidebilir ve sola dönebilirler. Bunlar konu edilen kavşak kolundaki araçlar için trafik akım tipleridir ve söz konusu kolun kapasitesinin hesaplanmasında gereklidirler.

Seçilen dönel kavşakta trafik akım tiplerinin belirlenmesi, yani kavşağın herhangi bir kolunda kapasitenin hesaplanabilmesi için gerekli olan V_c değerinin tespiti için yine çekimlerden Qbasic platformunda yazılan sayım programı ile araç sayıları tespit edilmiştir. Şekil 3.2’de kavşağın herhangi bir kolu için örnek bir akım tipine göre araç sayıları verilmiştir. Örnekte sola dönen 8, ileri-düz giden 2, sağa dönen 3 araç sayılmıştır.

Kavşak kollarından gelen araçların kavşağı hangi amaçla kullandıkları belirlenmeye çalışılırken, 15’er dakikalık periyotlar halinde, her kol için 1’er saat, 4 kol için toplam 4 saat ve bir gün için toplam 12 saat video çekimi izlenmiştir.



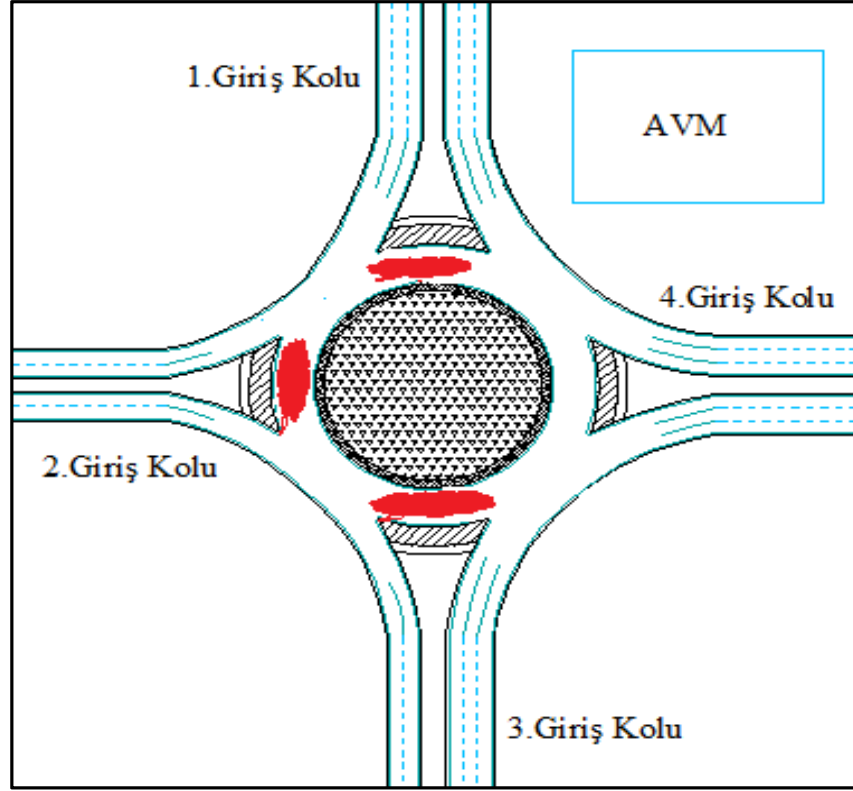
Şekil 3.2: Qbasic örnek ekran görüntüsü (trafik akım tiplerinin sayısı)

İlk çekimlerden kavşağın genel işleyişi, sürücülerin genel davranışı, kavşaktaki akım tiplerine göre dönel kavşağın kollarındaki trafik hacimleri ve kural ihlali yapan sürücülerin yüzdesi belirlenmiştir.

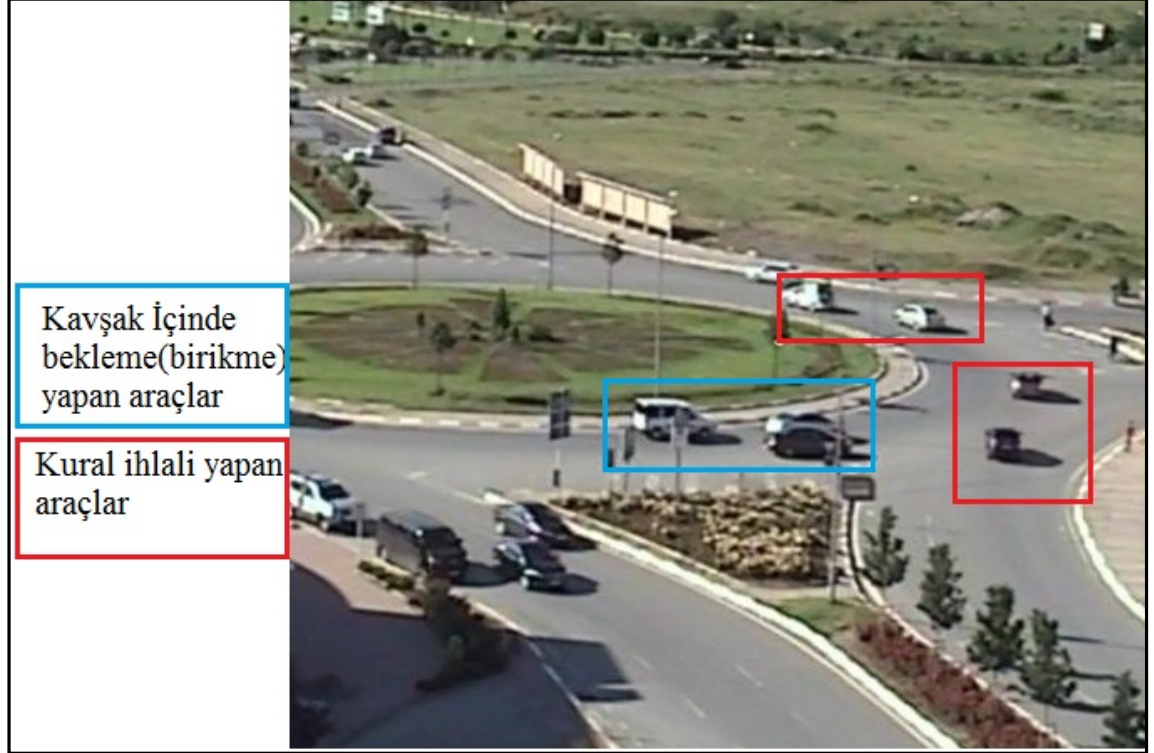
3.1.1. Dönel Kavşağın Genel Kullanımı ve Kural İhlalleri

Üzerinde çalışma yapılacak dönel kavşakta yapılan çekimler izlendiğinde, sürücülerin büyük bölümünün kurallara uymadıkları gözlemlenmiştir. Kavşaktaki bazı aksaklıklara ve sürücü hatalarına değinilecek olunursa;

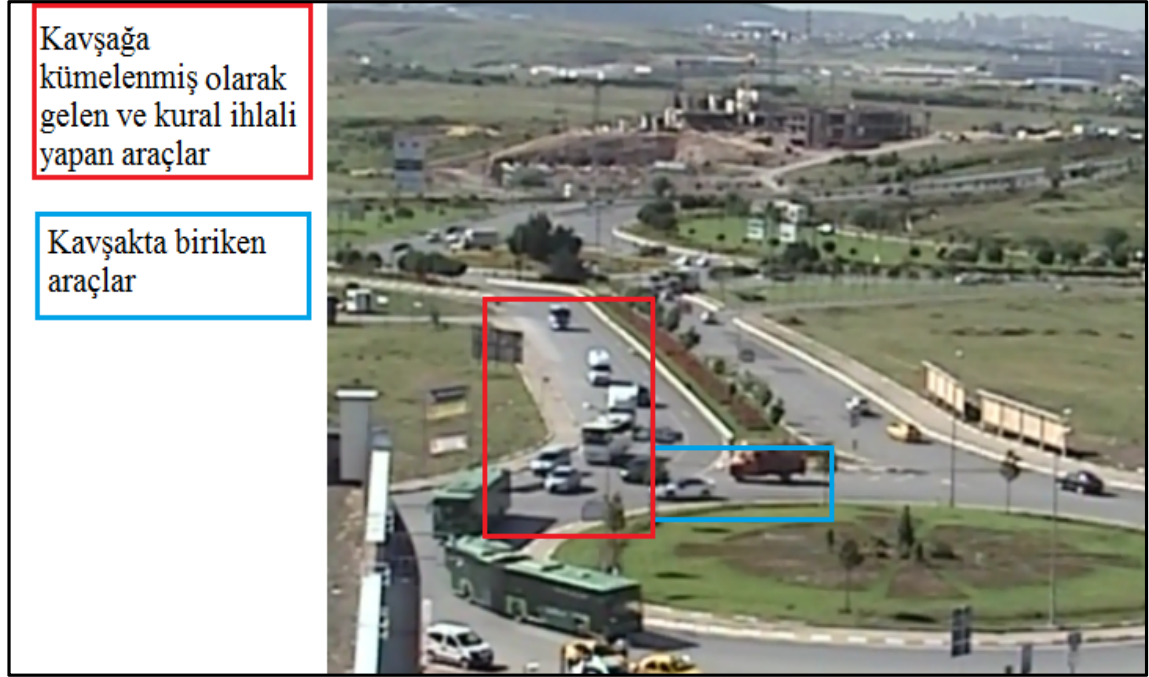
- Kavşağın bütün kollarında sürücülerin büyük çoğunluğu kavşağa gelirken yavaşlamamaktadırlar.
- Araçların ortalama hızları 30-70 km/h arasında değişmektedir.
- Dönel kavşağın çalışma prensibine ters olarak, kavşak içerisindeki araçlar kollarından gelen araçlara yol vermektedirler. Bu da kimi zaman kavşak içerisinde birikmelere (beklemelere) neden olmaktadır. Bu birikme alanları Şekil 3.3 ve Resim 3.3’de gösterilmiştir
- Kavşağın 3.kolunda araçlar kümelenme halinde kavşağa yaklaşmaktadır (Resim 3.4). Bunun nedeni ise çalışılan dönel kavşaktan bir önceki kavşağın sinyalizasyon bir dönel kavşak olması ve kırmızı ışıkta biriken araçların yeşil ışıkla beraber kümelenmiş olarak hareket etmeye başlamalarıdır.
- Araç sürücüleri kavşak kollarında yol vermek yerine kavşak içerisinde bekleme yapmaktadırlar.



Şekil 3.3: Araç birikme alanları



Resim 3.3: Kural ihlalleri ve birikme



Resim 3.4: Kural ihlalleri ve kümelenme

“Kural ihlali” bu tez çalışmasında kavşağa giriş kollarındaki araçların, kavşak içerisinde araç varken hızlarını düşürmeden kavşağa girmeleri ve geçiş önceliklerine uymamaları olarak düşünülmüştür. Ayrıca kavşağın içi boş olsa da, kavşak kollarından gelen araçların en azından hızlarını azaltmaları beklenmiştir, bu şekilde davranmayan sürücüler de kural ihlali yapmış sayılmışlardır. Kural ihlali yapan sürücüler de Qbasic platformunda yazılan programla sayılmıştır (Şekil 3.4).

```

Microsoft QuickBASIC
SAYICI 1      SAYICI 2
1.....Z.....IHLAL YAPAN
2.....X.....IHLAL YAPMAYAN

1...IHLALYAPAN: 1  IHLALYAPMAYAN: 0
1...IHLALYAPAN: 2  IHLALYAPMAYAN: 0
1...IHLALYAPAN: 3  IHLALYAPMAYAN: 0
1...IHLALYAPAN: 3  IHLALYAPMAYAN: 1
1...IHLALYAPAN: 3  IHLALYAPMAYAN: 2
1...IHLALYAPAN: 4  IHLALYAPMAYAN: 2
1...IHLALYAPAN: 5  IHLALYAPMAYAN: 2
1...IHLALYAPAN: 6  IHLALYAPMAYAN: 2
1...IHLALYAPAN: 7  IHLALYAPMAYAN: 2
1...IHLALYAPAN: 8  IHLALYAPMAYAN: 2
  
```

Şekil 3.4: Qbasic örnek ekran görüntüsü

Üzerinde çalışılan dönel kavşağın kollarındaki kural ihlallerinin yüzdesi Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1: Giriş kollarındaki kural ihlalleri yüzdesi

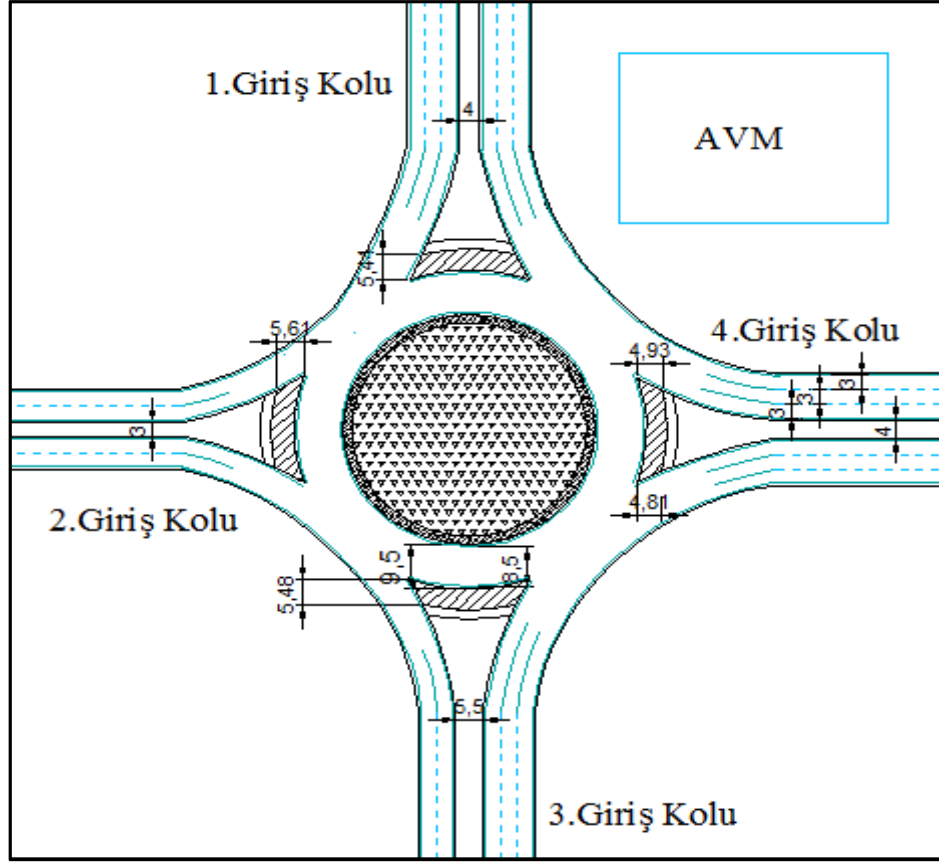
Kavşak Kolu	Kural İhlali Yapan Araç Yüzdesi (%)
1.Giriş Kolu	74
2.Giriş Kolu	75
3.Giriş Kolu	92
4.Giriş Kolu	66

Dönel kavşağın giriş kollarındaki kural ihlalleri oldukça fazladır. Ancak üçüncü giriş kolundaki kural ihlali yapan araçların yüzdesi ve bu koldan kavşağa yaklaşan araçların hızlarını kesmemesi özellikle dikkat çekicidir. Bunun bir başka açıklaması ise çalışılan kavşağın hemen öncesindeki kavşağın bir dönel kavşak olmasına rağmen sinyalizasyon bir kavşak olması ve burada kırmızı ışık süresinde biriken araçların yeşil ışığın yanmasıyla süratle bir sonraki kavşağa (üzerinde çalışılan kavşağa) geliş yapmalarıdır. 4.Giriş kolunda kural ihlalinin az çıkmasının sebebi ise, 3.koldan kümelenmiş olarak kavşağı kullanan araçların, bu koldan gelen araçları mecburen duraklamaya ve yavaşlamaya sevk etmeleridir.

3.1.2. Dönel Kavşağın Mevcut Geometrisinin Tespiti

Dönel kavşağın geometrik yapısı Autocad programı yardımıyla çizilmiştir (Şekil 3.5). Ölçümler, dijital ekranlı ölçüm tekeri yardımıyla yapılmıştır. Daha sonra bu ölçümler, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Harita Müdürlüğü’nden temin edilen hâlihazır harita ile karşılaştırılmış ve doğrulanmıştır.

Dönel kavşağın 2 numaralı yaklaşım kolunun 2 şeritli, diğerlerinin 3 şeritli ve şerit genişliklerinin her kolda 3 metreden az olmadığı, merkez ada çapının 49 metre, merkez peyzaj çapının 45.5 metre olduğu, dönüş platformunda merkez adayı çeviren banket çizgisi ile ofset taramalar önündeki banket çizgisinin arasının 8.5 metre olduğu ve bu genişliğin dönüş platformunun her yerinde korunduğu tespit edilmiştir. Merkez çap ile dış çap arasındaki yani dönüş platformunun genişliği 9.5 metre olup, bu nedenle dış çapın genişliği 58.5 metre olduğu görülmüştür. Refüj genişlikleri 3 ila 5.5 metre arasında değiştiği ve ofsetlerin dönüş platformunun genişliğini korumak amaçlı olarak farklı ebatlarda çizildiği görülmüştür (Şekil 3.5).



Şekil 3.5: Dönel kavşağın geometrisi

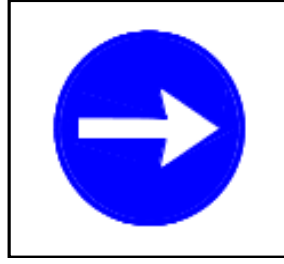
3.1.3. Dönel Kavşağın Mevcut Trafik İşaretlemesinin Tespiti

Dönel kavşak trafik işaretleri bakımından incelendiğinde, yaklaşım kollarını ayıran orta refüjün kavşağa yakın olan kısımlarında TT-1 “Yol Ver” işaret levhası ile TT-37 “Ada Etrafında Dönünüz” levhasının standartlardaki gibi bu iki levhanı birlikte kullanıldığı görülmüştür (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: “Yol Ver” ve “Ada Etrafında Dönünüz” levhalarının kullanımı.

Bunun haricinde merkez ada üzerinde 4 adet “TT-35a Sağa Mecburi Yön” levhasının (Şekil 3.7) bulunduğu tespit edilmiştir.

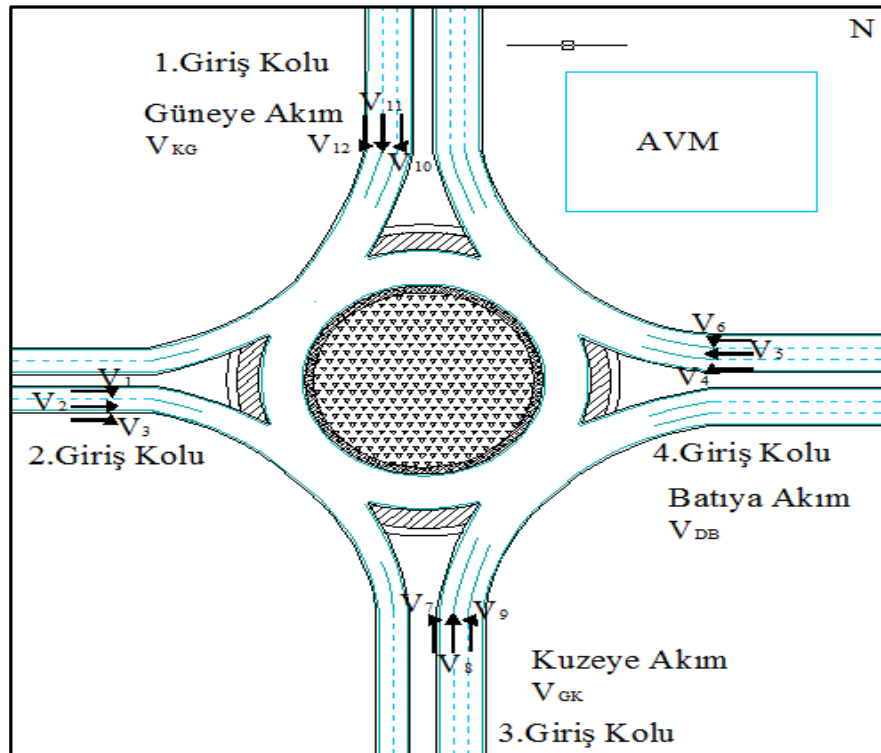


Şekil 3.7: TT-35a Sağa mecburi yön [12]

Dönel kavşağın kollarında ve merkez adanın etrafındaki dönüş platformundaki yatay trafik işaretleri gündüz ve gece görünürlükleri bakımından özelliklerini yitirmek üzere oldukları, şerit banket ve ofset tarama çizgilerinin yer yer silinmiş oldukları görüldü. Ayrıca giriş kollarında ve dönüş platformunda dönüş istikamet oklarının zeminde yeterli görünürlükte ve dikkat çekici olmadıkları gibi, kimi yerde tamamen kimi yerde kısmen silindikleri ve kavşağın tüm giriş kollarının ikinci giriş kolu hariç (ikinci giriş kolu 2 şeritli) üç şeritli, dönüş platformunun ise refüj sonlarındaki ofset taramalarla 9.5 metreye düşürüldüğü, ancak şerit çizgilerinin bulunmadığı görülmüştür.

3.1.4. Dönel Kavşağın Kollarındaki Trafik Akımlarının Belirlenmesi

Çalışılacak dönel kavşakta giriş kolları numaralandırıldıktan sonra trafik akım tipleri ve yönler belirlenmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8: Kavşaktaki Trafik Akımları

Üzerinde çalışma yapılan kavşakta yönler tayin edildikten sonra bütün kavşak kolları isimlendirilmiş ve bu kollardaki ana trafik hacmi ile trafik akım tipleri Şekil 3.8 deki gibi isimlendirilmiştir. Burada;

V_{KG} : Kuzey güney yönlü trafik hacmi	V_{DB} : Doğu batı yönlü trafik hacmi
V_{GK} : Güney kuzey yönlü trafik hacmi	V_{BD} : Batı doğu yönlü trafik hacmi
V_1 : 2.giriş kolunda sola dönen trafik akımı	V_4 : 4.giriş kolunda sola dönen trafik akımı
V_2 : 2.giriş kolunda düz-ileri trafik akımı	V_5 : 4.giriş kolunda düz-ileri trafik akımı
V_3 : 2.giriş kolunda sağa dönen trafik akımı	V_6 : 4.giriş kolunda sağa dönen trafik akımı
V_7 : 3.giriş kolunda sola dönen trafik akımı	V_{10} :1.giriş kolunda sola dönen trafik akımı
V_8 : 3.giriş kolunda düz-ileri trafik akımı	V_{11} :1.giriş kolunda düz-ileri trafik akımı
V_9 : 3.giriş kolunda sağa dönen trafik akımı	V_{12} :1.giriş kolunda sağa dönen trafik akımı

Mevcut durumu belirlemek için yapılan ilk çekimlerin yapıldığı gün, zirve saatler 15'er dakikalık analizlerle değerlendirilmiş ve kollardaki trafik hacim değerleri belirlenmiştir. (Tablo 3.2). Sayımlarda Qbasic platformunda yazılan program kullanılmıştır. Trafik hacminin 2. Ve 3. giriş diğer kolların neredeyse iki katına yakın olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin ise 2.koldan gelen araçların yoğun yerleşim alanından, 3.giriş kolundaki araçların ise Çevreyolu'ndan ve Sabiha Gökçen Havalimanı'nı gibi trafiğin yoğun olduğu bölgelerden kavşağa geliyor olmalarıdır.

Tablo 3.2: Giriş kollarındaki trafik hacimleri (Zirve Saatlerde)

Kavşak Kolu	Trafik Hacmi (araç/saat)
1.Giriş Kolu (V_{KG})	453
2.Giriş Kolu (V_{BD})	738
3.Giriş Kolu (V_{GK})	803
4.Giriş Kolu (V_{DB})	460

Tablo 3.2'deki değerler kavşağın mevcut kapasitesinin belirlenmesi için yapılan hesaplamalarda kullanılmıştır.

Kapasite hesaplarında en önemli faktör ise trafik hacminin alt akımlarının değerlendirilmesi ve bilinmesidir. Tablo 3.2'deki trafik hacimlerine ait alt trafik akımları yine Qbasic platformunda yazılan programla sayılmış ve tespit edilmiştir (Tablo 3.3).

Tablo 3.3: Giriş kollarındaki trafik akımları

1.Giriş Kolu			2.Giriş Kolu			3.Giriş Kolu			4.Giriş Kolu		
Trafik akımı (araç/saat)			Trafik akımı (araç/saat)			Trafik akımı (araç/saat)			Trafik akımı (araç/saat)		
V ₁₀	V ₁₁	V ₁₂	V ₁	V ₂	V ₃	V ₇	V ₈	V ₉	V ₄	V ₅	V ₆
45	340	68	111	177	450	346	273	184	138	276	46

Üzerinde çalışılan dönel kavşağın kollarına ait alt trafik akımları belirlendikten sonra (Tablo 3.3), dönel kavşağa giren araçların büyük bir kısmının 3.koldan kavşağı terk ettikleri tespit edilmiştir. Örneğin 1.giriş koluna ait V₁₀, V₁₁, V₁₂ değerlerine bakıldığında 453 araçtan 340'ının (V₁₁), 2.giriş koluna ait V₁, V₂, V₃ değerlerine bakıldığında 738 araçtan 450'sinin (V₃), 3.koldan kavşağı terk ettiği anlaşılmaktadır. Bunun nedeni ise 3.koldan kavşağı terk eden araçların Sabiha Gökçen Havalimanı ve TEM (Trans European Motorway) yoluna erişebiliyor olmasıdır.

Üzerinde çalışılan dönel kavşaktaki bir diğer önemli çıkış ise 2.koldur. Tablo 3.3'deki V₁₂ (1.koldan gelip 2.kola dönen-sağa dönüş- trafik hacmi), V₇ (3.koldan gelip 2.kola dönen-sola dönüş- trafik hacmi), V₅ (4.giriş kolundan gelip 2.koldan –ileri düz gidiş- çıkan trafik hacmi) değerlerine bakıldığında toplam 690 aracın bu koldan kavşağı terk ettikleri görülebilmektedir.

Dönel kavşak üzerinde genel bir değerlendirme yapıldığında, en önemli giriş-çıkış kolunun 3.kol olduğu anlaşılmaktadır.

Kavşak kollarındaki trafik akımları, hesaplandıktan sonra, her giriş koluna ait sirkülasyon hacimleri de hesaplanmıştır (Tablo 3.4). Sirkülasyon hacimlerini oluşturan alt trafik akımlarının ayrıntısı Şekil 3.8'de gösterilmiştir.

Tablo 3.4: Vc (Sirkülasyon Hacmi) değerleri

1.Giriş Kolu	2.Giriş Kolu	3.Giriş Kolu	4.Giriş Kolu
$V_c = V_4 + V_5 + V_7$	$V_c = V_4 + V_{10} + V_{11}$	$V_c = V_1 + V_2 + V_{10}$	$V_c = V_1 + V_7 + V_8$
Vc(araç/saat)= 138+276+346=760	Vc(araç/saat)= 138+45+111=294	Vc(araç/saat)= 111+177+45=333	Vc(araç/saat)= 111+346+273= 730

3.2. DÖNEL KAVŞAK KAPASİTESİNİN HESAPLANMASI

Kapasite hesaplarına geçmeden önce dönel kavşaklarda kavşağın tamamı için bir kapasite hesabı ve hizmet düzeyi hesabının yapılamadığını, bu değerlerin kavşağın her bir yaklaşım kolu için ayrı hesaplanabildiğini hatırlanmalıdır.

Dönel kavşağın kapasitesinin hesaplanmasında Amerika Kapasite Analiz Yöntemi (Kritik Şerit Yöntemi) ve Alman Kapasite Analiz Yöntemi kullanılmıştır.

3.2.1. Amerika Kapasite Analiz Yöntemi (Kritik Şerit Yöntemi)

Kritik şerit yöntemine göre kapasite analizi, girişleri çok şeritli olan dönel kavşaklarda kritik bir şeridin olduğu ve bu şeridin kapasitesinin tüm giriş şeritleri için dikkate alınması kabulüne dayanır, bir başka deyişle kritik şeridin kapasitesi kavşak kolunun kapasitesine eşittir.

1.Giriş Kolu İçin; Formül (2.10)'dan.

$$C_{crit} = 1230 * e^{(-0.0009V_c)} = 1230 * e^{(-0.0009*760)} = 621 \frac{araç}{saat}$$

$$v/c = 453/621 = 0.73 \text{ olarak bulunur}$$

Diğer kollar için de aynı formül kullanılarak, kollardaki kapasite değerleri hesaplanmış ve v/c oranları da bulunmuştur (Tablo 3.5).

Tablo 3.5: v/c hesaplama sonuçları

Giriş Kolu	V (araç/saat)	Vc (araç/saat)	Ccrit (araç/saat)	v/c
1.Giriş Kolu	453	760	621	0.73
2.Giriş Kolu	738	294	944	0.78
3.Giriş Kolu	803	333	911	0.88
4.Giriş Kolu	460	730	638	0.72

Tablo 3.5'den giriş koluna ait sirkülasyon akımı değerleri arttıkça, kola ait kapasitenin azaldığı görülebilir. Bunu şöyle açıklamak gerekirse, kavşak kolunun önünden geçen sirkülasyon akımı, dönel kavşağa o koldan yaklaşan araçların kavşağı kullanmalarını geciktirecektir. Dolayısıyla bu da kapasitenin azalmasına neden olacaktır. v/c değeri ait olduğu kolun hangi oranda kullanıldığı hakkında fikir verir. 3.giriş kolunun kapasitesine yakın bir oranda kullanıldığı v/c oranından görülebilmektedir (Tablo 3.5).

3.2.2. Alman Kapasite Analiz Yöntemi

Alman kapasite analiz yöntemi girişleri 2 şeritli dönel kavşakların, kavşak kollarının kapasitesinin hesaplanmasını mümkün kılmaktadır. Ancak çalışılan dönel kavşağın yaklaşım kolları (ikinci giriş kolu hariç) 3 şeritlidir.

Alman uzmanlar şerit sayısının iki katına çıkmasının kapasiteyi iki katına çıkarmayacağını öne sürerek formüldeki n_e değerini 1.14 olarak kabul etmişlerdir.

İlk çekimlerden video kayıtlarının 72 saate yakın izlenmesinden sonra gerçekten de araçların şeritleri neredeyse aynı oranda kullandıkları ve hatta 3 şeritli kavşak kollarındaki üçüncü şeridin çoğu zaman kullanılmadığı ya da çok az kullanıldığı tespit edilmiştir.

Bu tez çalışmasında da kavşağın yaklaşım kollarında aslında çok fazla kullanılmayan üçüncü şeridin giriş kapasitesine etkisinin önemsiz olabileceği kabul edilerek alman kapasite analiz yöntemine göre de hesaplama yapılmıştır.

Formülü (2.5) den

$t_c=4.1$ s, $t_f=2.5$ s, ve $n_e=1.14$ olarak kullanılmaktadır.

1.Giriş kolu için;

$$G = 3600 * \frac{1.14}{2.5} * e^{-\frac{760}{3600}(4.1-\frac{2.5}{2})} = 900 \frac{\text{araç}}{\text{saat}}$$

$$\frac{v}{c} = \frac{453}{900} = 0.51 \text{ olarak bulunur.}$$

Diğer kollar için de aynı formül kullanılarak, kollardaki kapasite değerleri hesaplanmış ve v/c oranları da bulunmuştur (Tablo 3.6).

Tablo 3.6: v/c hesaplama sonuçları-2

Giriş Kolu	V (araç/saat)	Vc (araç/saat)	G (araç/saat)	v/c
1.Giriş Kolu	453	760	900	0.51
2.Giriş Kolu	738	294	1300	0.57
3.Giriş Kolu	803	333	1260	0.64
4.Giriş Kolu	460	730	921	0.50

3.2.3. Sonuçların Karşılaştırılması

Amerika Kapasite Analiz Yöntemi (Kritik Şerit) ve Alman Kapasite Analiz Yöntemi ile yapılan hesaplamaların sonucu ve v/c değerlerinin karşılaştırılması Tablo 3.7’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.7: Sonuçların Karşılaştırılması

			Kritik Şerit Yöntemi		Alman Kapasite Analiz Yöntemi	
Giriş Kolu	V (araç/saat)	V _c (araç/saat)	C _{crit} (araç/saat)	v/c	G (araç/saat)	v/c
1.Giriş Kolu	453	760	621	0.73	900	0.51
2.Giriş Kolu	738	294	944	0.78	1300	0.57
3.Giriş Kolu	803	333	911	0.88	1260	0.64
4.Giriş Kolu	460	730	638	0.72	921	0.50

Tablo 3.7 incelendiğinde, Alman Kapasite Analizine Göre yapılan hesaplamalarda dönel kavşağın kolları için daha iyimser v/c oranlarına ulaşıldığı görülmektedir.

Arada oluşan farklı hesaplama sonuçları için iki farklı ülkede kabul edilebilir trafik hacim değerlerinin birbirinden farklı olması veya sürücü davranışlarındaki farklılardan kaynaklanabileceği yorumlanabilir. Unutulmamalıdır ki her ülkede yapılan kapasite analiz yöntemlerine, o ülkede bulunan ve imal edilen dönel kavşak tipleri, araç sayıları, araç tipleri, trafik talepleri, kavşakların geometrik yapıları dikkate alınarak ulaşılmıştır. Dolayısıyla uzmanların kabulleri ülkeden ülkeye değişebilmektedir.

Üzerinde çalışılan dönel kavşak için mevcut durumu belirlemek için yapılan çekimlerin izlenmesiyle elde edilen izlenime göre Amerika Kapasite Analiz Yöntemi (kritik şerit yöntemi) gerçeğe daha yakın sonuçlar vermektedir.

3.koldan kavşağa gelen trafik hacmi 4.kolun trafik hacminin neredeyse iki katıdır. 4.kolun V_c değeri olan 730 aracın 346’sı 4.koldan gelip sola dönen (V₇) ve 730 aracın 273’ü 4.koldan gelip ileri-düz hareketini (V₈) yapan araçlardır. Bu haliyle 4.kol için, 3.kol kritik önem taşımaktadır. V_c değerinin 4.kol için bu derece fazla olması, 4.koldan gelip kavşağı kullanmak isteyen araçları yavaşlamaya ve yer yer durmaya zorlar. Bu, hakim yol ve trafik koşulları altında yolun veya bir şeridin bir noktasından geçebilecek maksimum araç sayısı olarak tanımlanan kapasitenin azalmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla çekimlerden de edinilen izlenimle birlikte, 4.giriş kolu için Kritik Şerit Yöntemi hesaplarına dayanılarak bulunan 0.72 değeri pratiğe daha yakın bir değer olarak değerlendirilmektedir.

3.2.4. Dönel Kavşak Kollarının Hizmet Düzeylerinin Hesaplanması

Dönel kavşaklarda hizmet düzeyi kavşağın tamamı için değil kapasite gibi sadece kavşağın giriş kolları için ayrı ayrı hesaplanabilmektedir. Dönel kavşaktaki hizmet düzeyi sinyalizasyon kavşaklardaki gibi kontrol gecikme süresi ile doğrudan alakalıdır. v/c oranı ve T değeri (analiz periyodu) hizmet düzeyini belirleyici en önemli parametrelerdir.

1.Giriş kolu için; Formülü (2.11) ‘den;

v/c= 0.73 (kritik şerit yöntemine göre),

T=0.25 (analizler 15’er dakikalık periyotlar halinde yapılmıştır),

C_{crit}=621 araç/saat

$$d = \frac{3600}{621} + 900(0.25) \left[0.73 - 1 + \sqrt{((0.73 - 1)^2) + \frac{\left(\frac{3600}{621}\right) 0.73}{450(0.25)}} \right]$$
$$= 19.84 \text{ sn/araç}$$

Kavşağın 1.giriş kolunun Tablo 2.7 den yararlanarak C hizmet seviyesine sahip olduğunu görülebilir.

v/c= 0.51 (Alman kapasite analiz yöntemine göre)

T=0.25,

G=900 araç/saat

$$d = \frac{3600}{900} + 900(0.25) \left[0.51 - 1 + \sqrt{((0.51 - 1)^2) + \frac{\left(\frac{3600}{900}\right) 0.51}{450(0.25)}} \right]$$
$$= 8.08 \text{ sn/araç}$$

Her bir giriş kolu için hizmet düzeyi hesabı Amerika kapasite analiz yöntemi (kritik şerit yöntemi) ve Alman kapasite analiz yöntemi ile hesaplanmış ve hesaplanan değerler Tablo 3.8’de gösterilmiştir. Hizmet düzeyi hesaplanırken formüllerden çıkan değerler sn/araç olarak, yani araç başına ortalama gecikme süresi olarak çıkmaktadır. Çıkan sonuçlardan kavşak kolunun hangi hizmet düzeyinde çalıştığı ise Tablo 2.7’deki (Dönel kavşaklar için hizmet düzeyi kriteri) değerlere bakılarak tayin edilmektedir.

Tablo 3.8: Sonuçların karşılaştırılması-2

	Amerika Kapasite Analiz (Kritik Şerit) Yöntemi-2			
Giriş Kolu	C_{crit} (araç/saat)	v/c (hacim/kapasite)	Kontrol Gecikme Süresi(s/araç)	Hizmet Düzeyi
1.Giriş Kolu	621	0.73	19.84	C
2.Giriş Kolu	944	0.78	15,87	C
3.Giriş Kolu	911	0.88	24,84	C
4.Giriş Kolu	638	0.72	15.20	C
	Alman Kapasite Analiz Yöntemi			
Giriş Kolu	G (araç/saat)	v/c (hacim/kapasite)	Kontrol Gecikme Süresi(s/araç)	Hizmet Düzeyi
1.Giriş Kolu	900	0.51	8.08	A
2.Giriş Kolu	1300	0.57	6.37	A
3.Giriş Kolu	1260	0.64	7.79	A
4.Giriş Kolu	921	0.50	7.75	A

Tablo 3.8’de Alman Kapasite Analiz Yöntemi ve Amerika Kapasite Analiz Yöntemi (Kritik Şerit Yöntemi) ile yapılan hesaplamaların sonuçlarına göre hizmet düzeyleri her kol için hesaplanmış ve gösterilmiştir. Örneğin 3.giriş kolu için trafik hacmi $V:803$ araç/saat, sirkülasyon akımı $V_c: 333$, kapasite $C_{crit}: 911$, $v/c: 0.88$ ve bu sonuçlara istinaden araç başına ortalama gecikme süresi C seviyesinde çıkmıştır. Teorik olarak bu sonuçlar doğrudur. Ancak ilk çekimlerde 3.koldan kavşağa gelen sürücülerin büyük bir oranının kural ihlali yaparak, hiç hızlarını kesmeden kavşağa girdikleri tespit edilmiştir. Bu haliyle 3.giriş kolu için bulunan C seviyesi hizmet düzeyinin gerçekte böyle olmadığı tespit edilmiştir. Çekimlerden izlendiği kadarıyla dönel kavşaktaki giriş kollarındaki hizmet düzeyinin 2. ve 3. giriş kolu için A, diğerleri için ise B seviyesinde olduğu söylenebilir.

3.2.5. Üçüncü Koldaki Hız Ölçümü

Dönel kavşağın kollarındaki kural ihlalleri bakımından en problemli kol üçüncü giriş koludur (Tablo 3.1). 3.koldaki araçların hızları video çekim açısından dolayı ölçülebilmektedir. Diğer kollardaki araç hızları ise video çekim açısı nedeniyle ölçülememiştir. Ek trafik işaretlemelerinin sürücüler üzerindeki etkisinin ne yönde olacağının bir başka göstergesi de kavşağa yaklaşan araçların hızlarını azaltıp azaltmadıkları olarak düşünülmüştür. Ancak hız ölçümü yapılan araçların kavşağa bir araç kümesi içinde geliyor olmamalarına dikkat edilmiştir. Çünkü 10-12 araçlık kümeler halinde kavşağa yaklaşan araçlar, birbirlerinin hızlarını etkilemektedirler. Araçların kümelenmiş halde kavşağa geldiği durumlarda, en öndeki araçların hızları göz önüne alınmıştır. Şeritlerdeki en öndeki araçların yavaşlamaları ve kavşak içindeki araca yol vermeleri durumunda, arkadaki araçlar da frenlemek zorunda kalmaktadırlar. Hız 3.kolun 215 metrelik kısmında zaman ve yol kullanılarak hesaplanmıştır. Hız hesaplanırken araçların tam kavşak girişlerine hangi hızla girdikleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Her aşamadan sonra 3.kavşak kolunu kullanan yaklaşık 300 otomobilin hızları hesaplanarak ortalaması alınmıştır. Yapılan ölçümler neticesinde 3.arac kolundaki araç hızları ortalaması 58,8 km/h olarak hesaplanmıştır.

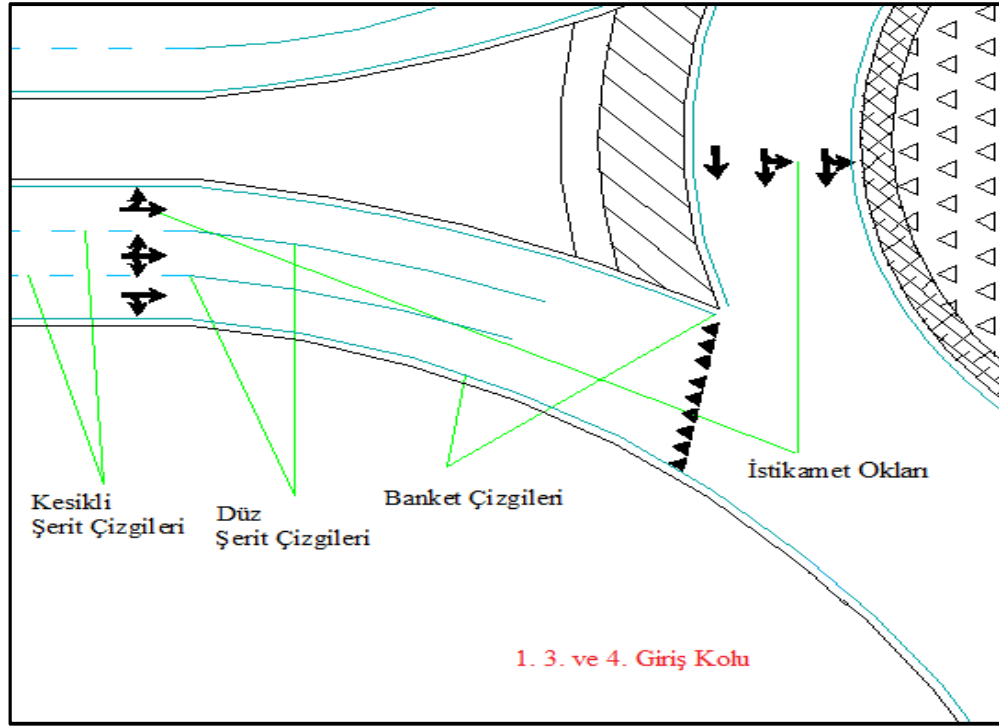
Yasal hız sınırının yerleşim yeri içerisinde binek araçlar için azami 50 km/h olduğu göz önüne alındığında, 58,8 km/h değerinin bu sınırı çok aşmadığı düşünülebilir. Ancak hesaplamada ortalama değer alınmıştır ve tolerans +%1,5 (ölçümlerde birim mesafeyi - 215 metre-aracın ne kadar zamanda geçtikleri elektronik kronometre kullanılarak yapılmış ve kronometrenin başlatılıp durdurulması esnasındaki zaman kaybı dikkate alınmıştır.) olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar yapılırken kimi araçların dönel kavşağa 80 km/h kadar hızla girdikleri tespit edilmiştir.

3.3. BİRİNCİ UYGULAMA

Birinci uygulamada, çalışılan kavşağın yaklaşım kolları üzerine sadece yatay trafik işaretlemelerinden oluşan bir grup uygulama yapılmıştır. Söz konusu uygulamalar 2012 Eylül ayının ilk haftası yapılmış olup, akabinde ilk çekimler yapılmıştır.

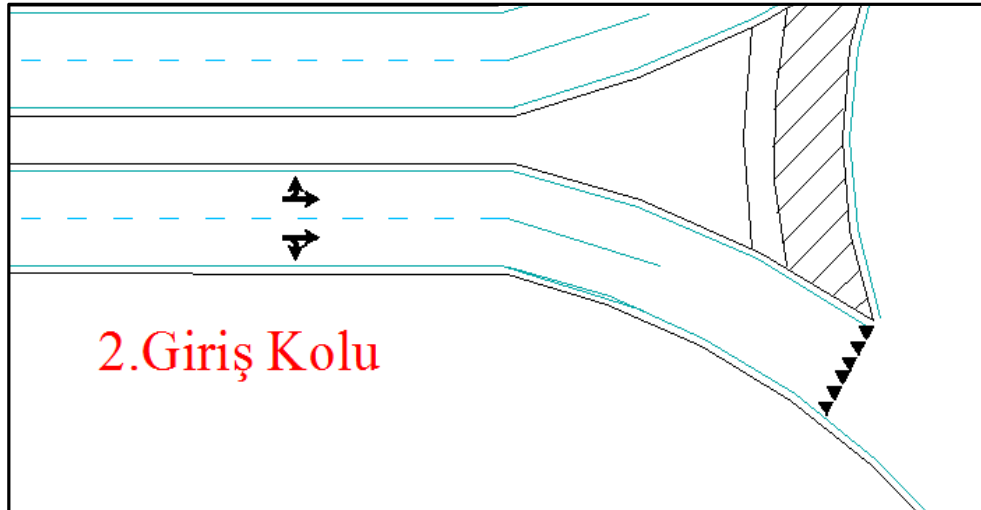
Yatay işaretleme uygulaması kavşak giriş kollarının yol-ver bölgesine yol-ver işaretlerinin çizilmesi, istikamet oklarının ve kollardaki şerit çizgilerinin çizilmesini kapsamaktadır. Şerit çizgileri 12 cm kalınlığında termoplastik yol çizgi boyası kullanılarak termoplastik yol çizgi makinesi yardımıyla çizilmiştir. Kavşak kollarına ve dönüş platformuna çizilen istikamet okları, çift kompenantlı yol çizgi boyası ile serpme yöntemi olarak isimlendirilen strüktür yöntemi ile yapılmıştır.

Kavşak giriş kollarının dönel kavşakla kesiştiği yol-verme alanlarına her şeride 3 sembol sıgacak şekilde yol-ver çizgileri çizilmiştir (Şekil 3.10).



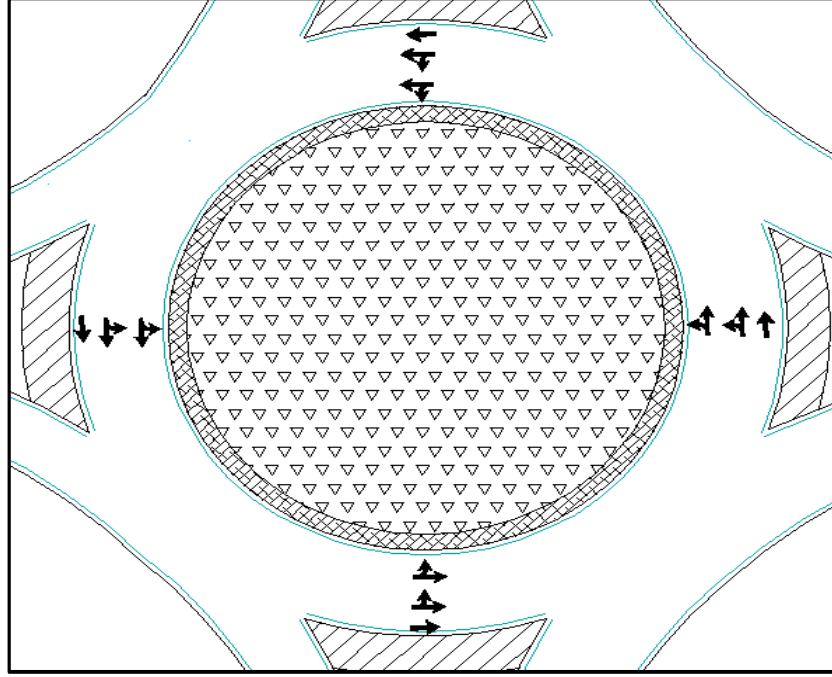
Şekil 3.9: Birinci uygulamadaki kavşak kolu

Dünyada örnekleri olsa da Karayolları Trafik İşaretleri El Kitabı'nda dönel kavşakların işaretlenmesinde dönüş platformu üzerine ve kavşak yaklaşım kollarına herhangi bir yön oku çizilmesi uygulaması belirtilmemektedir. Çalışılan kavşakta 1. 3. ve 4. Giriş kollarında en sol şeride ileri-sol, orta şeride ileri-sağ-sol, en sağ şeride ise ileri-sağ istikamet okları çizilmiştir (Şekil 3.9). 2. Yaklaşım kolu ise iki şeritli olduğu için sol şeride ileri-sol, sağ şeride ise ileri-sağ istikamet oku uygulaması yapılmıştır (Şekil 3.10).



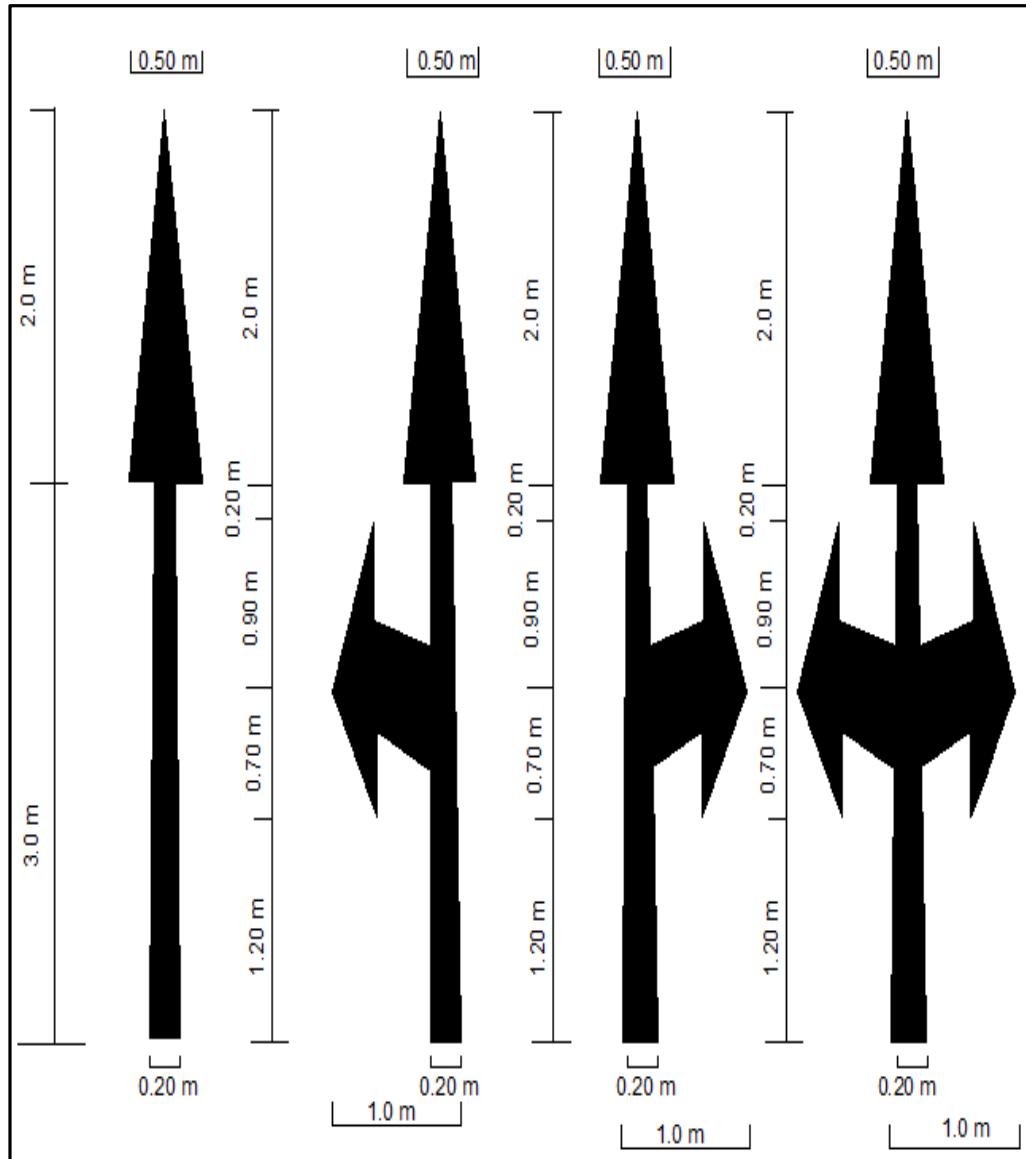
Şekil 3.10: Birinci uygulamadaki 2.giriş kolu

Dönüş platformuna 3 şeridin sığması teknik olarak mümkün değildir ancak, genişlik 2 şerit genişliğinden de fazladır (8.5 metre) (Şekil 3.5). İlk çekimler izlendiğinde kimi zaman dönüş platformunda 3 aracın yan yana gelme durumu görülmüştür. Bu nedenle dönüş platformuna en sağdan giren aracın ileri düz gidiş hareketini yaparak kavşağı terk edeceği düşünülerek bu kesime ileri düz ok diğer kısımlara ise ileri-sol ok uygulaması yapılmıştır (Şekil 3.11) .



Şekil 3.11: Birinci uygulamadaki dönüş platformu

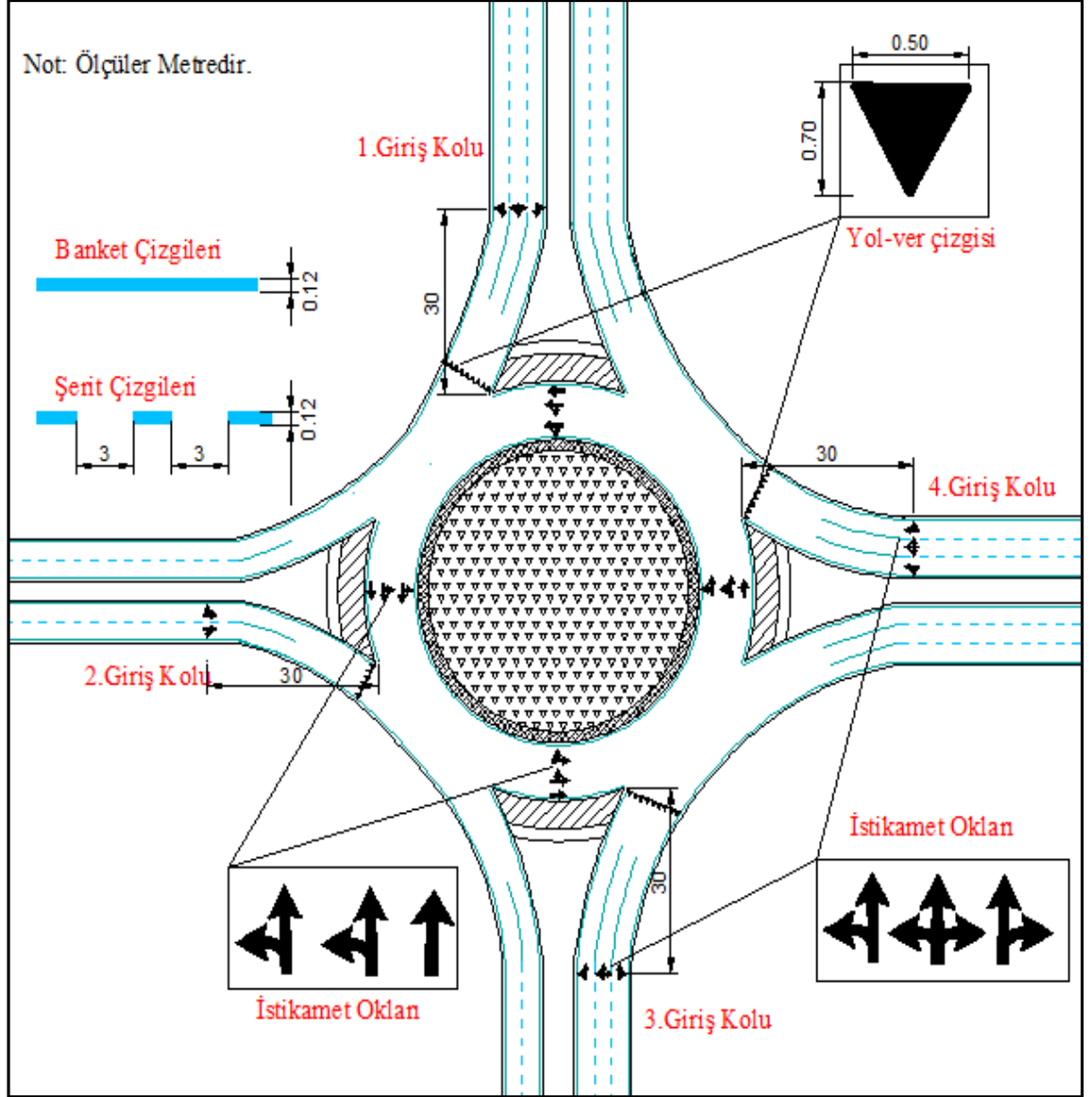
İstikamet oklarının Karayolları Trafik İşaretleri El Kitabı'nda hız sınırı 60 km/h den az olan kesimlerdeki standartlar dahilindeki boyutlarda (Şekil 3.12) kavşak kollarına ve dönüş platformuna çizilmiştir.



Şekil 3.12: Birinci uygulamadaki istikamet oklarının ölçüleri

Şekil 3.12’de gösterilen sağa-sola-ileri istikamet okları Trafik İşaretleri El Kitabı’nda yatay işaretlemeler konusunda bulunmayan yani standartlarda olmayan bir trafik işareti uygulamasıdır. Bu işaret 3 şeritli yaklaşım kollarında orta şeridi kullanan araçlar için düşünülmüştür.

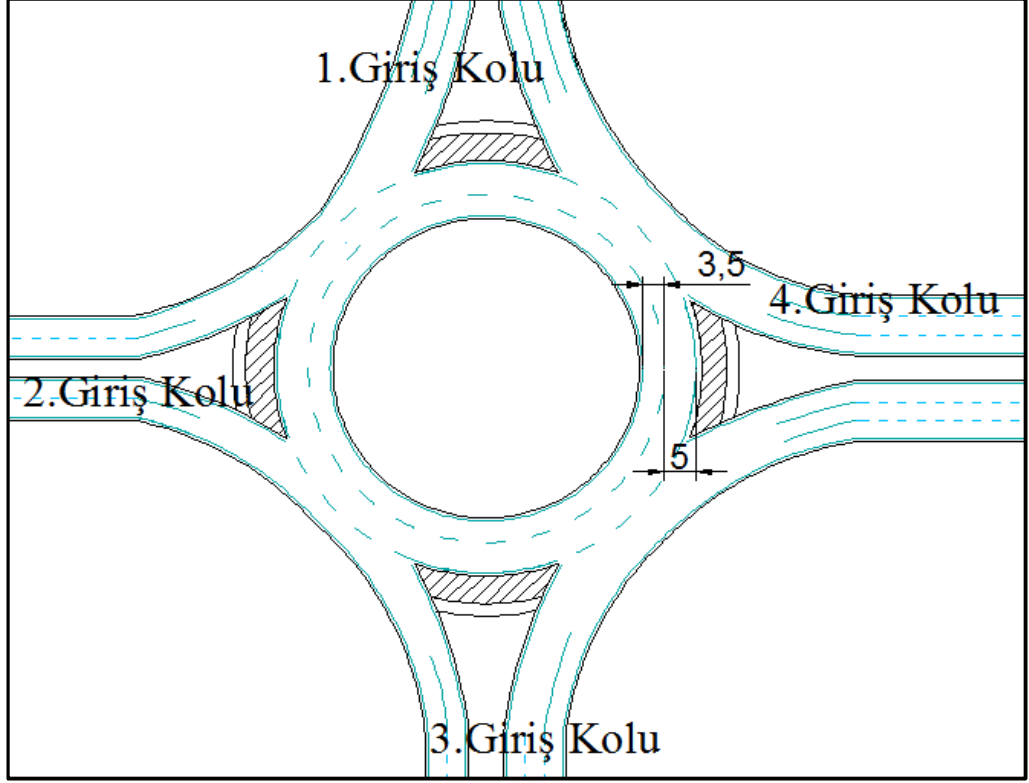
Birinci uygulamadan sonra dönel kavşağın tamamının kuş bakışı olarak görünümü Şekil 3.13’de gösterilmektedir.



Şekil 3.13: Birinci uygulamadan sonra kavşağın genel görünümü

3.4. İKİNCİ UYGULAMA

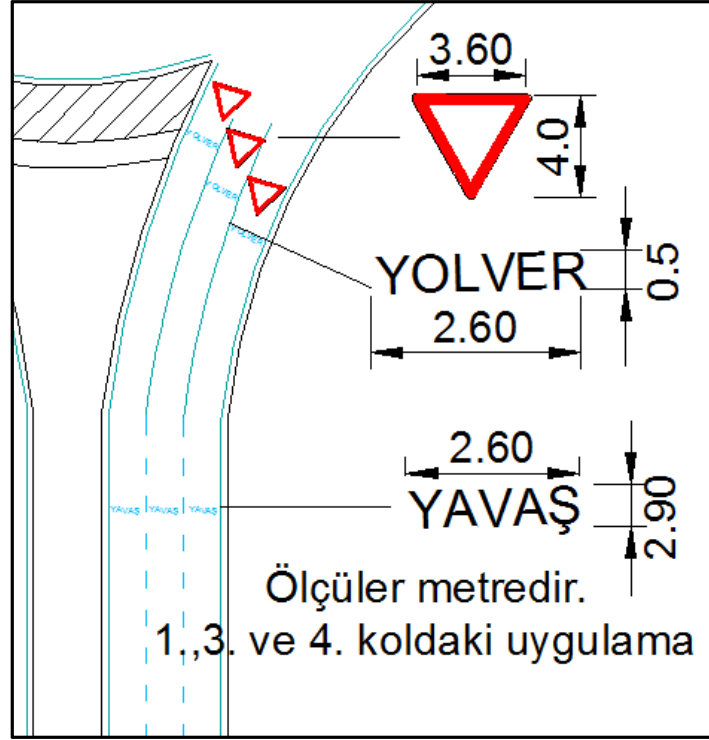
İkinci uygulama da yatay trafik işaretlemelerinden oluşmaktadır. İkinci uygulamada dönüş platformunda şerit çizgileri çizilmiştir. İlk şeridin genişliği 3.50 metre, ikinci şeridin genişliği ise 5 metre olarak tasarlanmış ve iki şeritli olacak şekilde dönüş platformuna şerit çizgileri termoplastik yol çizgi boyası ile çizilmiştir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14: İkinci uygulamadaki dönüş platformu çizgileri

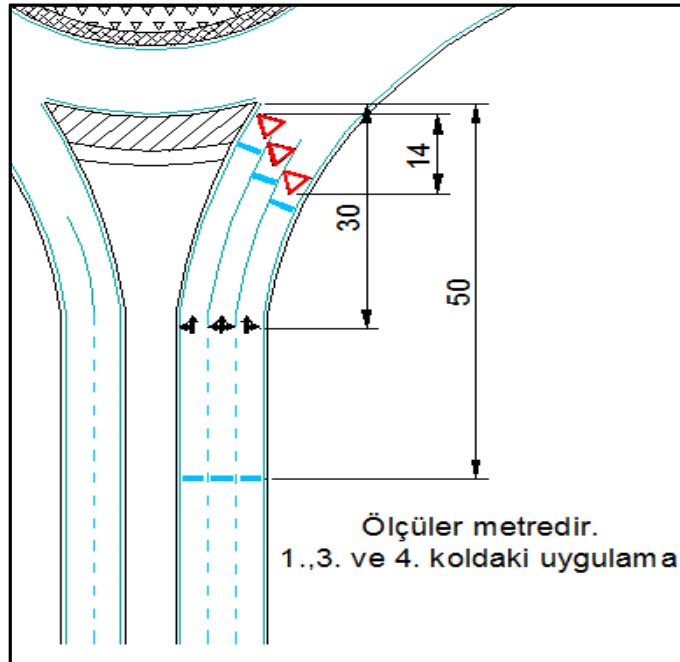
İkinci aşamada dönel kavşağın yaklaşım kollarının her şeridinde, soğuk yol çizgi boyası ile “YAVAŞ” ve “YOLVER” yazılmıştır. “YOLVER” yatay işaretinin üstüne de “YOLVER” işaretinin sembolü çift komponentli boya kullanılarak serme yöntemi ile iki renkte (kırmızı-beyaz) uygulanmıştır (Şekil 3.15).

Söz konusu uygulamalar 2012 Ekim ayının ilk haftası yapılmış olup, akabinde sürücü davranışlarındaki değişiklikler ve kural ihlallerinin muhtemel değişimlerini gözlemlemek için video çekimler bu çalışmada belirtilen zirve saatlerde yapılmıştır.



Şekil 3.15: İkinci uygulamadaki kavşak kolları

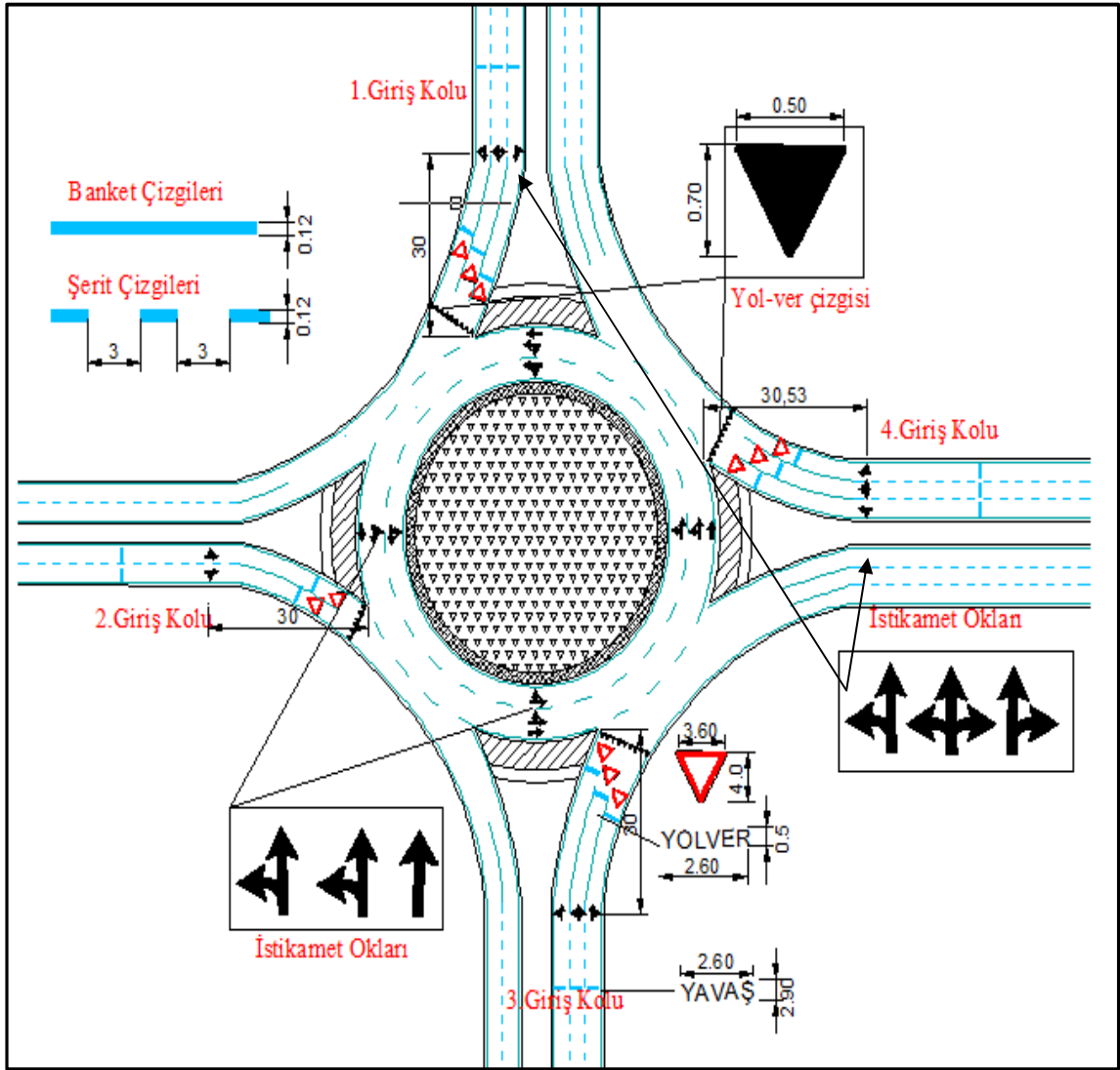
İkinci uygulamada "YOLVER" işareti kavşak kollarının kavşak girişine yakın bir kesimine, "YOLVER" yazısı bu işaretlerin hemen altına, "YAVAŞ" yazısı kavşak giriş noktasının 50 metre uzağına uygulanmıştır (Şekil 3.15). İstikamet okları 1.uygulamada kavşak girişlerine 30 metre kala konumlandırılmıştı. İkinci uygulama ile birlikte kavşak kollarının görünümü Şekil 3.16'daki gibi görünmektedir.



Şekil 3.16: İkinci uygulamadaki ölçüler

Birinci uygulama ve ikinci uygulama olarak tarif edilen yatay işaretlemelerin imalatı, 2012 Eylül ayının ilk haftası uygulanmaya başlanmış ve 2012 Ekim ayının ilk haftası sonlanmıştır. Muhtemel değişimleri gözlemlemek için video çekimleri ise uygulamaların hemen ardından değil, en az bir hafta sonrasında yapılmıştır. Çünkü daha önce hiç karşılaşmadıkları bir işaretleme karşısında sürücüler temkinli davranabileceği ve sonrasında eski alışkanlıklarına geri dönerek kural ihlali yapmaya devam edebilecekleri düşünülmüştür.

Birinci ve ikinci uygulamalardan sonra üzerinde çalışılan dönel kavşağın görünümü Şekil 3.17 deki gibidir.



Şekil 3.17: Birinci ve ikinci uygulamadan sonra kavşaktaki yatay işaretleme

3.5. ÜÇÜNCÜ UYGULAMA

Üçüncü uygulamada 90x90 cm’lik yüksek performans flüoresan yeşil renkte geri yansıtıcı malzeme ile kaplı levhalar üzerine siyah folyo ile “GEÇİŞ ÖNCELİĞİNE UYUNUZ” mesajı yazılarak, dönel kavşağın yaklaşım kollarında sol tarafa kavşağa 20-30 metre mesafe uzaklığa 3.70 metrelik trafik direkleri ile yerleştirilmiştir (Şekil 3.18).



Şekil 3.18: Üçüncü uygulamada trafik işaret levhası

Şekil 3.18’deki levha üzerinde çalışılan kavşağın kollarına 10.10.2012 tarihinde konulmuş ve sürücü davranışlarındaki muhtemel değişikliklerin gözlemlenmesi için video çekimleri 13.10.2012 tarihinde yapılmıştır.

3.6. DÖRDÜNCÜ UYGULAMA

Dördüncü uygulamada, üçüncü uygulamada takılan levha ile aynı teknik özelliklere sahip ancak üzerinde “KAVŞAK İÇİNDEKİ ARACA YOL VER” yazan levhalar (Şekil 3.19), üçüncü uygulamada takılan levha sökülerek yerlerine takılmıştır.

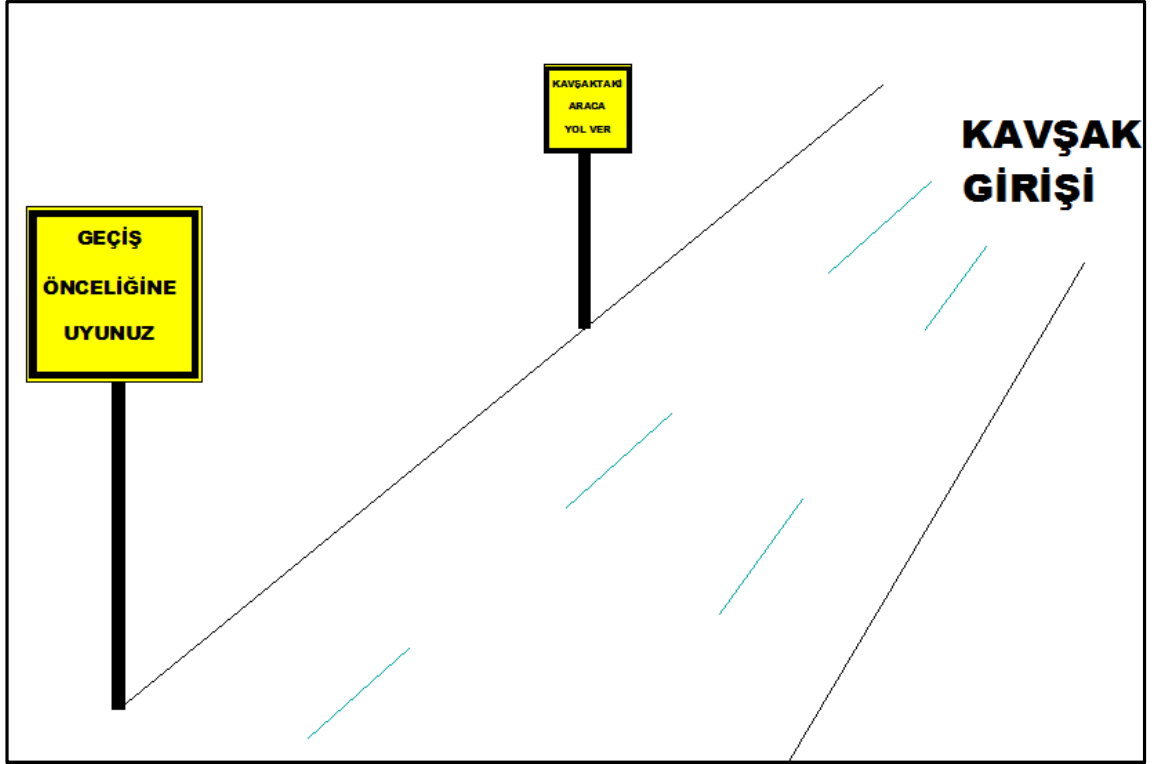


Şekil 3.19: Dördüncü uygulamada trafik işaret levhası

14.10.2012 tarihinde Şekil 3.18’deki levhanın yerine kavşak kollarına “KAVŞAK İÇİNDEKİ ARACA YOL VER” levhaları takılmış ve muhtemel değişikliklerin gözlemlenmesi için video çekimleri 17.10.2012 tarihinde yapılmıştır.

3.7. BEŞİNCİ UYGULAMA

Beşinci uygulamada dönel kavşağın kollarına, üçüncü ve dördüncü uygulamada kullanılan levhaların kavşak giriş noktalarına sırasıyla 50-60 metre ve 20-30 metre uzaklıkta konulmuştur. Böylelikle kavşak kolundan kavşağa yaklaşan sürücüler öncelikle “GEÇİŞ ÖNCELİĞİNE UYUNUZ” ardından da “KAVŞAKTAKİ ARACA YOL VER” levhalarını görmüşlerdir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20: 5.uygulamada levhaların birlikte kullanılması

Beşinci uygulamada kavşak kollarına levhaların belirtilen sıra ile konulmasının amacı (Şekil 3.20); sürücülerde, ilk mesajla birlikte geçiş üstünlüklerine bağlı çalışan bir kavşağa yaklaştıklarını hatırlatmak, ikinci mesajla da geçiş üstünlüğünün kavşak içindeki araçlarda olduğunu belirterek, dönel kavşağın çalışma prensibi doğrultusunda hareket etmelerini sağlamaktır.

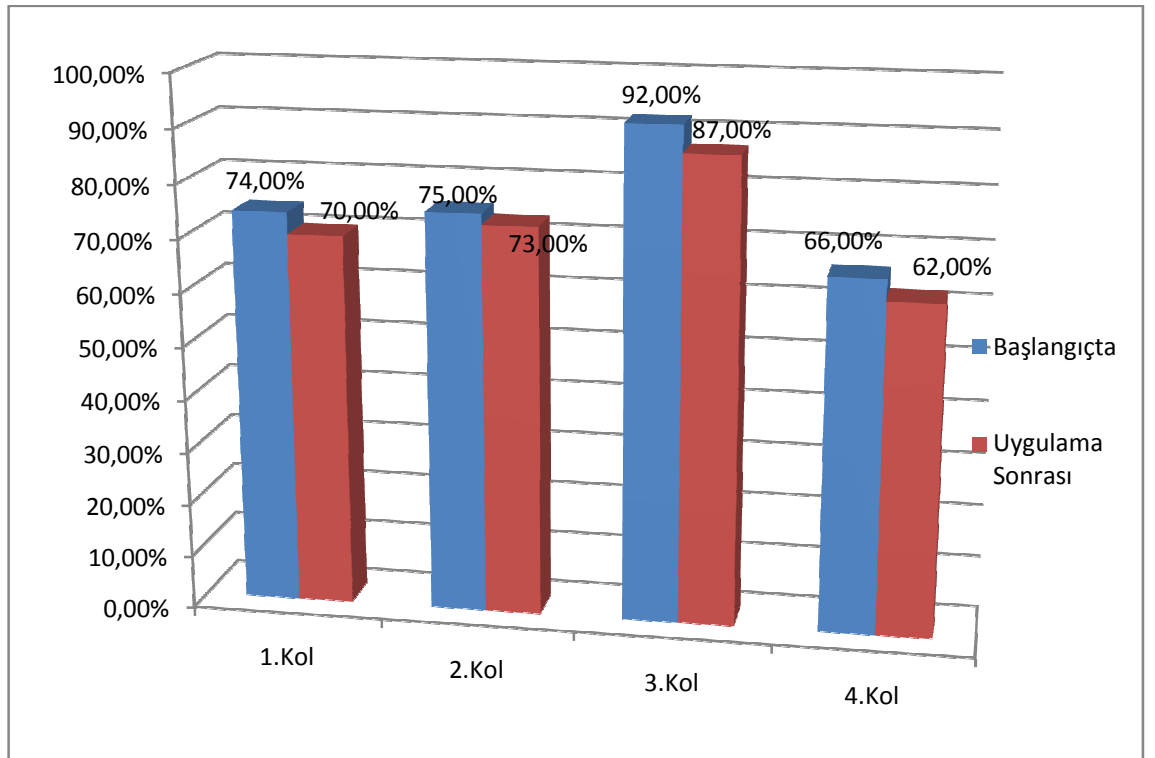
Beşinci uygulamada levhalar dönel kavşağa Ekim ayının son haftası içerisinde konulmuş ve akabinde çekimler yapılmıştır.

4. BULGULAR

Dönel kavşakta standartlar dışı ek trafik işaretlemeleri yapılmış ve her uygulamadan sonra o uygulama ile ilgili çekim yapılmıştır. Yapılan çekimlerden çıkan sonuçlar, daha önceden mevcut durumu belirlemek için yapılan çekimlerden çıkan sonuçlar ile karşılaştırılarak, uygulamaların modern dönel kavşak işletim kurallarına uygunluğu tespit edilmeye çalışılmıştır.

4.1. BİRİNCİ UYGULAMA SONRASI KAVŞAK KOLLARINDA KURAL İHLALİ, TRAFİK HACMİ, KAPASİTE VE HİZMET DÜZEYİNDEKİ DEĞİŞİMLER

1.Uygulama sonrasında kavşak kollarındaki kural ihlallerinin yüzdesindeki değişimler Şekil 4.1'deki gibi hesaplanmıştır.



Şekil 4.1: 1.Uygulamadan sonra kollardaki kural ihlal değişimleri

1.Uygulama sonrası kural ihlallerinin 1.kolda %4, 2.kolda %2, 3.kolda %5, 4.kolda %4 olmak üzere bütün kollarda azaldığı görülmüştür (Şekil 4.1).

1. uygulamadan sonra yapılan sayımlarda d6nel kavşanın kollarındaki ortalama trafik hacimleri bulunmuştur (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: 1.Uygulamadan sonra giriş kollarındaki trafik hacimleri (Zirve Saatlerde)

Kavşak Kolu	Başlangıçtaki Trafik Hacmi (araç/saat)	1.Uygulamadan Sonra Trafik Hacmi (araç/saat)	Değişim Yüzdesi (%)
1.Giriş Kolu (V _{KG})	453	461	+1,76
2.Giriş Kolu (V _{BD})	738	694	-5,96
3.Giriş Kolu (V _{GK})	803	711	-11,45
4.Giriş Kolu (V _{DB})	460	365	-20,65

1.uygulamadan sonra video çekimlerinden yapılan sayımda, birim zamandaki trafik hacminin başlangıçtaki duruma göre 1.kolda arttığı tespit edildi. Ancak bu artışta 1.uygulamadaki trafik işaretlerinin etkisi bulunmamaktadır. Çekim yapılan gün eğer birim zamandaki trafik hacmi değişmeseydi, 1.uygulamada yapılan trafik işaretlerinin trafik hacmi üzerindeki etkisi rahatlıkla bilinebilecekti ve trafik hacminin azalması gerekcekti. Çünkü kural ihlallerindeki değişim % 4'tür. Dolayısıyla birim zamanda kavşak kolunda yavaşlayan araç sayısı da fazla olacağından, bu araçların oluşturacağı yavaşlama ve bekleme neticesinde kavşak kolundan kavşağa giriş noktasındaki trafik hacminin negatif doğrultuda etkileneceği açıktır.

Birinci kol haricinde diğer kollarda trafik hacminde azalmalar meydana gelmiştir. Bu azalmaların 1.uygulama neticesinde kural ihlallerindeki azalmaya bağlı olarak, yani kavşağa gelen araçların yavaşlaması neticesiyle oluştuğu düşünülebilir. Ancak kural ihlallerindeki % 2 ile %5 arasındaki azalmaların (2.kolda %2, 3.kolda %5, 4.kolda %3), trafik hacimleri üzerinde bu denli azalmaya neden olması da beklenemez. Bu azalmalarda çekim yapılan gündeki kavşağa olan trafik talebindeki azalma da etkilidir.

Alt trafik akımlarının (ileri-düz giden, sağa dönen ve sola dönen araçlar) değerleri uygulamadan sonraki çekimlerden bulunmuştur (Tablo 4.2). Tablo 4.2'de görüleceği gibi d6nel kavşanın mevcut durumunun tespitindeki hareket şekillerinin hemen hemen aynı olduğu tespit edilmiştir. 3.koldan ve 2.koldan olan çıkışların benzer oranlarda olduğu ve bu kollara olan giriş ve çıkış taleplerinin devam ettiği görölmüştür.

Kısacası kavşanın genel işleyişine bakılırsa, trafik talebinin 2 ve 3 numaralı kolların giriş ve çıkış istikametlerine doğru yoğun olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.2: 1.Uygulamadan sonra giriş kollarındaki trafik akımları

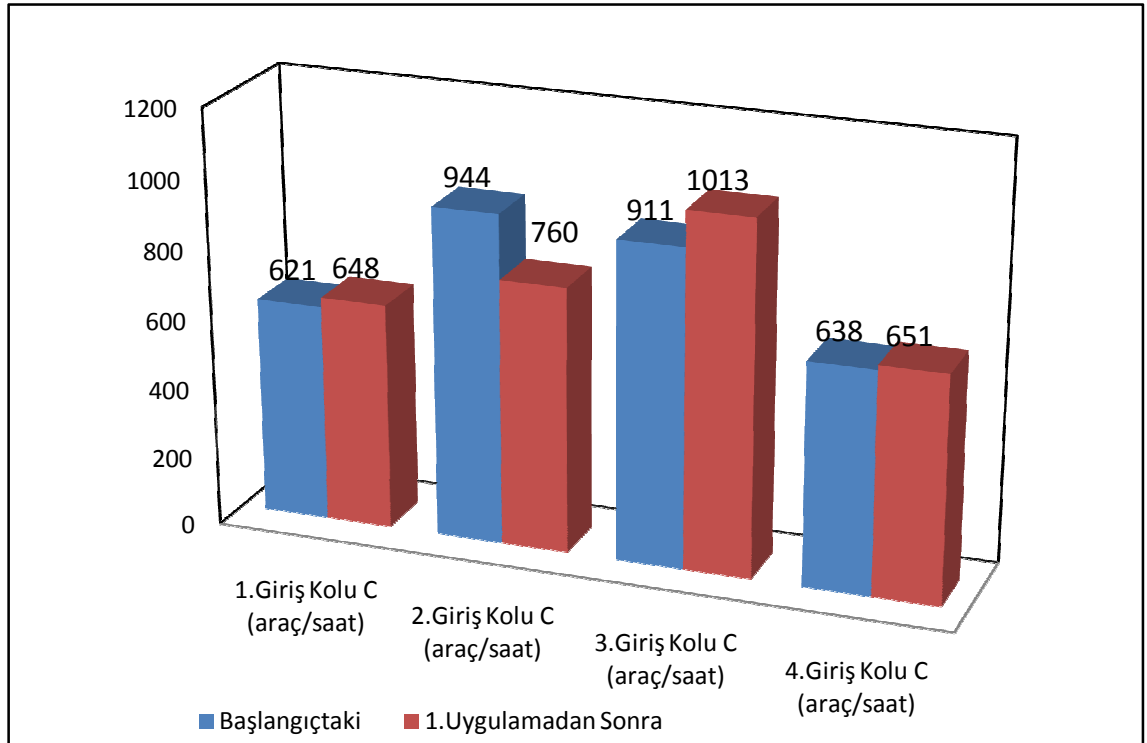
1.Giriş Kolu			2.Giriş Kolu			3.Giriş Kolu			4.Giriş Kolu		
Trafik akımı (araç/saat)			Trafik akımı (araç/saat)			Trafik akımı (araç/saat)			Trafik akımı (araç/saat)		
V_{10}	V_{11}	V_{12}	V_1	V_2	V_3	V_7	V_8	V_9	V_4	V_5	V_6
18	313	130	91	106	497	381	234	96	204	128	33

V_{11} , V_3 , V_7 , V_8 değerleri ait oldukları kollarda önemli birer alt trafik akımı olmaya devam etmesine rağmen V_5 değerinde başlangıç durumun nazaran azalma gözlenmiştir. Alt trafik akımlarının belirlenmesiyle, V_c değerleri de hesaplanmıştır (Tablo 4.3)

Tablo 4.3: 1.Uygulamadan sonra V_c (Sirkülasyon Hacmi) değerleri

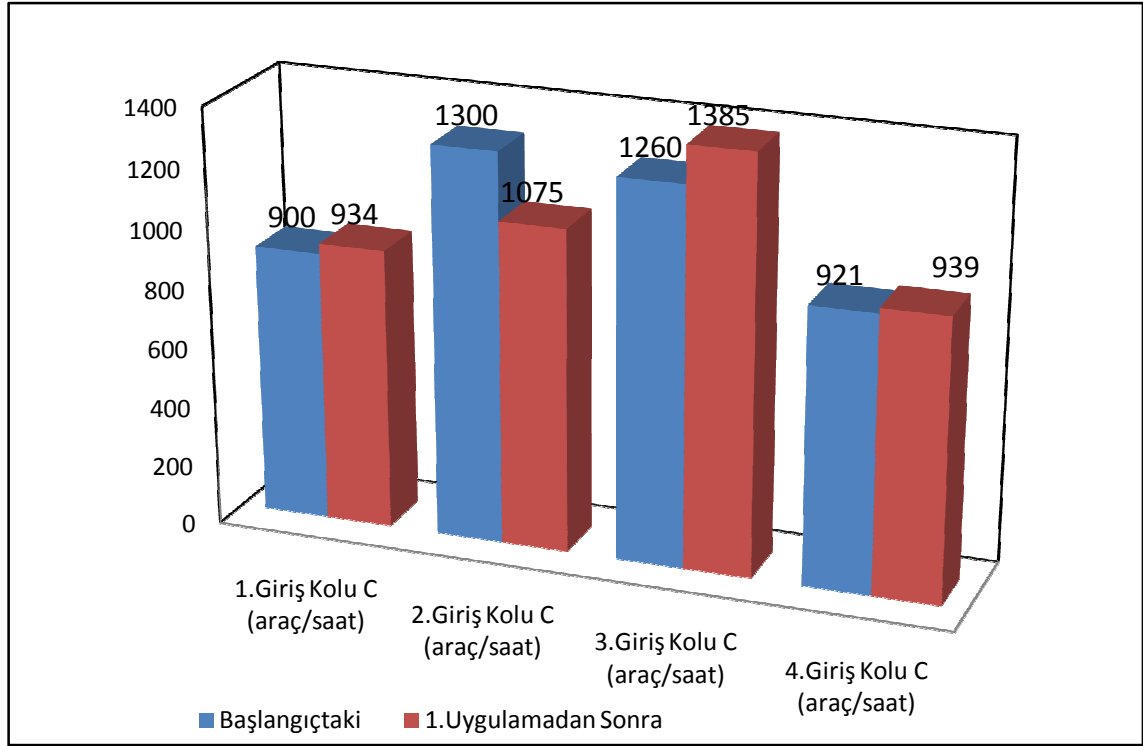
1.Giriş Kolu	2.Giriş Kolu	3.Giriş Kolu	4.Giriş Kolu
$V_c = V_4 + V_5 + V_7$	$V_c = V_4 + V_{10} + V_{11}$	$V_c = V_1 + V_2 + V_{10}$	$V_c = V_1 + V_7 + V_8$
V_c (araç/saat)= 204+128+381=713	V_c (araç/saat)= 204+18+313=535	V_c (araç/saat)= 91+106+18=215	V_c (araç/saat)= 91+381+234= 706

V_c değerleri de bulunduktan sonra Amerika Kritik Şerit Kapasite Yöntemi ve Alman Kapasite Analiz Yöntemine göre hesaplamalar yapılmıştır (Şekil 4.2, Şekil 4.3)

**Şekil 4.2:** 1.Uygulamadan sonra kritik şerit yöntemine göre kapasite değişimleri

Kritik Şerit Yöntemine göre yapılan hesaplamalardan görüleceği gibi (Şekil 4.2), Kapasiteler, 1.kolda 27 araç/saat (%4,34), 3.kolda 102 araç/saat, (%11,2), 4.kolda 13 araç/saat (%2) artmış, 2.kolda ise 184 araç/saat (%19,5) azalmıştır. Bu değişimlerdeki ana rolde V_c değerlerindeki değişim vardır. 2. giriş kolundaki kapasite azalması kola ait V_c değerinin 294 araç/saat den 535 araç/saat'e yükselmesinden kaynaklanmaktadır.

1.uygulama sonrasında kural ihlallerindeki değişim ile Kritik Şerit Yöntemi ile yapılan hesaplamalar sonucunda oluşacak kapasite değerleri arasında bir bağlantı kurulabilir. Birim zamandaki trafik hacminin kural ihlallerindeki olumlu değişim ile azalacağı dolayısıyla alt trafik akımlarının da olağandışı bir durum olmadıkça aynı oranlarda azalabileceği düşünülürse, V_c değerlerindeki azalma kapasiteyi arttıracaktır.



Şekil 4.3: 1.Uygulamadan sonra Alman Kapasite Analiz yöntemine göre kapasite değişimleri

Alman Kapasite Analizi Yöntemi'ne göre de yapılan hesaplamalarda, Kritik Şerit Yöntemi'ne göre yapılan hesaplamalardaki gibi 1,3, ve 4. kollardaki kapasitenin arttığı, 2.koldaki kapasitenin ise azaldığı görülmüştür. Bu durum yine ikinci koldaki V_c değerinin artması ile alakalıdır.

Her iki metoda göre de kapasite hesapları yapıldıktan sonra v/c değerleri bulunmuştur (Tablo 4.4).

Tablo 4.4: 1.Uygulamadan sonra v/c değerleri

	Amerika Kritik Şerit Yöntemine Göre		Alman Kapasite Analizi Yöntemine Göre	
Giriş Kolu	Başlangıçta	1.Uygulama Sonrası	Başlangıçta	1.Uygulama Sonrası
	v/c	v/c	v/c	v/c
1.Giriş Kolu	0.73	0.71	0.51	0.49
2.Giriş Kolu	0.78	0.91	0.57	0.65
3.Giriş Kolu	0.88	0.70	0.64	0.70
4.Giriş Kolu	0.72	0.57	0.50	0.39

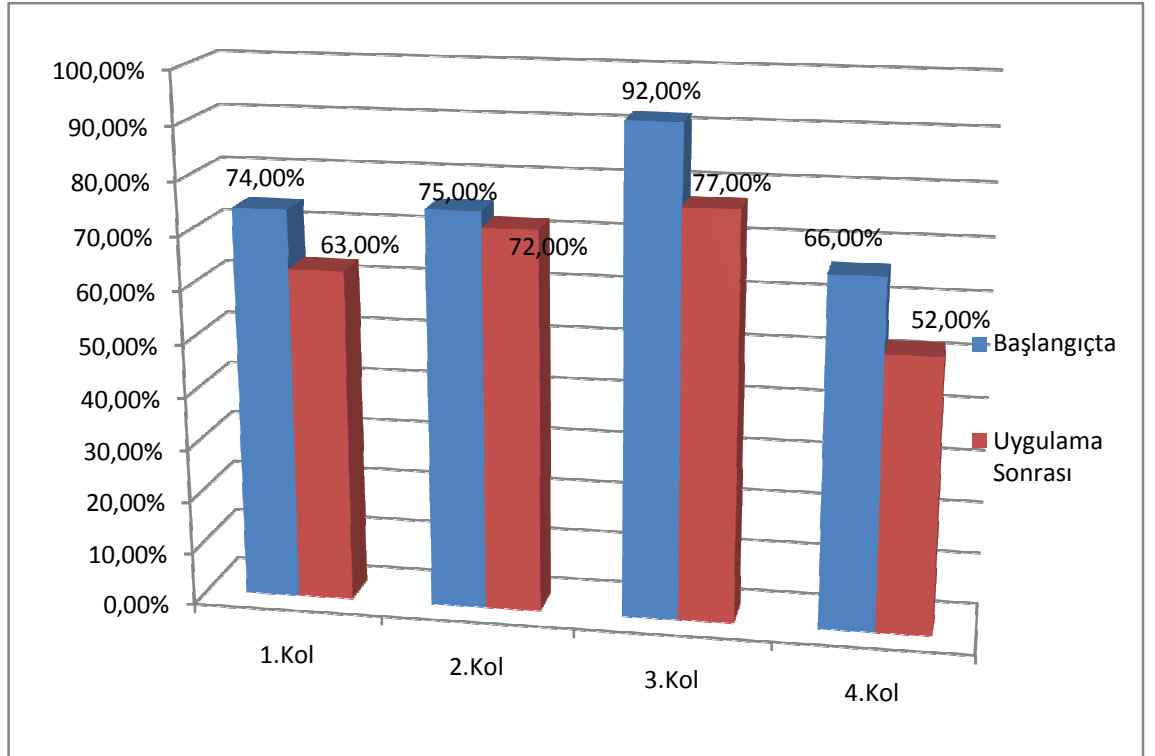
Kritik Şerit Yöntemi'ne ve Alman Kapasite Analizi Yöntemi'ne göre yapılan hesaplamalarda hesaplanan kapasite değerleri ile trafik hacimlerinde meydana gelen değişim, v/c oranlarının da değişmesine neden olmuştur. v/c değerleri her kol için hizmet düzeyinin belirlenmesinde önemlidir. 1.Uygulamadan sonra hizmet düzeylerindeki değişim hesaplanmıştır (Tablo 4.5).

Tablo 4.5: 1. Uygulamadan sonra ortalama gecikme süresi ve hizmet düzeyi

A.B.D Kapasite Analizi (Kritik Şerit) Yöntemi	Başlangıçta		1.Uygulamadan Sonra	
Giriş Kolu	Kontrol Gecikme Süresi(s/araç)	Hizmet Düzeyi	Kontrol Gecikme Süresi(s/araç)	Hizmet Düzeyi
1.Giriş Kolu	19.84	C	13.44	B
2.Giriş Kolu	15,87	C	13.36	B
3.Giriş Kolu	24,84	C	8.53	A
4.Giriş Kolu	15.20	C	11.83	B
Alman Kapasite Analiz Yöntemi	Başlangıçta		1.Uygulamadan Sonra	
Giriş Kolu	Kontrol Gecikme Süresi(s/araç)	Hizmet Düzeyi	Kontrol Gecikme Süresi(s/araç)	Hizmet Düzeyi
1.Giriş Kolu	8.08	A	7.63	A
2.Giriş Kolu	6.37	A	7.70	A
3.Giriş Kolu	7.79	A	6.24	A
4.Giriş Kolu	7.75	A	6.83	A

4.2. İKİNCİ UYGULAMA SONRASI KAVŞAK KOLLARINDA KURAL İHLALİ, TRAFİK HACMİ, KAPASİTE VE HİZMET DÜZEYİNDEKİ DEĞİŞİMLER

İkinci uygulama yine yatay trafik işaretlemelerini kapsayan bir uygulamadır. Bu uygulamadan sonra aslında 1 ve 2.uygulama bütünleşmiş ve sürücülerin daha çok dikkatini çekecek ve kural ihlalleri yapmamalarına teşvik edecek biçimde tasarlanmıştır. 2.uygulama sonrası kavşak kollarındaki kural ihlallerinin yüzdesindeki değişim hesaplanmıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4: 2.Uygulamadan sonra kollardaki kural ihlal değişimleri

İkinci uygulama sonrasında, başlangıçtan itibaren kural ihlallerinde toplamda 1.kolda %11, 2.kolda %3, 3.kolda %15, 4.kolda %14 azalma meydana gelmiştir.

2.uygulamadan sonra dahi 2.koldaki kural ihlalleri toplamda %3 azalmıştır. Bu durum diğer kollara göre oldukça azdır. 2.kavşak kolundan gelip sağa, 3.kolun çıkış şeritlerine, Sabiha Gökçen Havalimanı ve TEM yoluna dönen araçlar, sağ şeritten gelip, sağ çıkış şeridini (V_3 – sağa dönüş hareket trafik hacmi) kullanarak kavşağı geçmektedirler. Dönel kavşağın 2.kolu 2 şeritlidir. 2 şeridi kullanarak gelen araçlar çoğu zaman sağ şeritten değil de sol şeritten de sağa dönüş hareketi yaptıkları gözlemlenmiştir.

2.uygulamadan sonra da üzerinde çalışılan dönel kavşakta video çekimleri yapılmış ve bu çekimlerden yapılan sayım neticesinde, kavşak kolları için trafik hacimleri belirlenmiştir (Tablo 4.6).

Tablo 4.6: 2.Uygulamadan sonra giriş kollarındaki trafik hacimleri (Zirve Saatlerde)

Kavşak Kolu	Başlangıçtaki Trafik Hacmi (araç/saat)	2.Uygulamadan Sonraki Trafik Hacmi (araç/saat)	Değişim Yüzdesi (%)
1.Giriş Kolu (V_{KG})	453	374	- 17,44
2.Giriş Kolu (V_{BD})	738	650	- 11,93
3.Giriş Kolu (V_{GK})	803	690	- 14,07
4.Giriş Kolu (V_{DB})	460	369	- 19,78

Kural ihlallerindeki azalma nedeniyle, dönel kavşağın kollarındaki trafik hacimlerinde azalma beklenmekteydi. Ancak trafik hacimlerindeki bu azalmada kural ihlallerindeki olumlu değişimlerin yanında çekim yapılan gündeki trafik talebindeki azalmanın etkisi de göz önünde bulundurulmalıdır. Trafik hacimlerinin tespitiyle beraber alt trafik akımları da belirlenmiştir (Tablo 4.7).

Tablo 4.7: 2.Uygulamadan sonra giriş kollarındaki trafik akımları

1.Giriş Kolu			2.Giriş Kolu			3.Giriş Kolu			4.Giriş Kolu		
Trafik akımı (araç/saat)			Trafik akımı (araç/saat)			Trafik akımı (araç/saat)			Trafik akımı (araç/saat)		
V_{10}	V_{11}	V_{12}	V_1	V_2	V_3	V_7	V_8	V_9	V_4	V_5	V_6
24	244	106	87	114	449	323	250	117	187	118	64

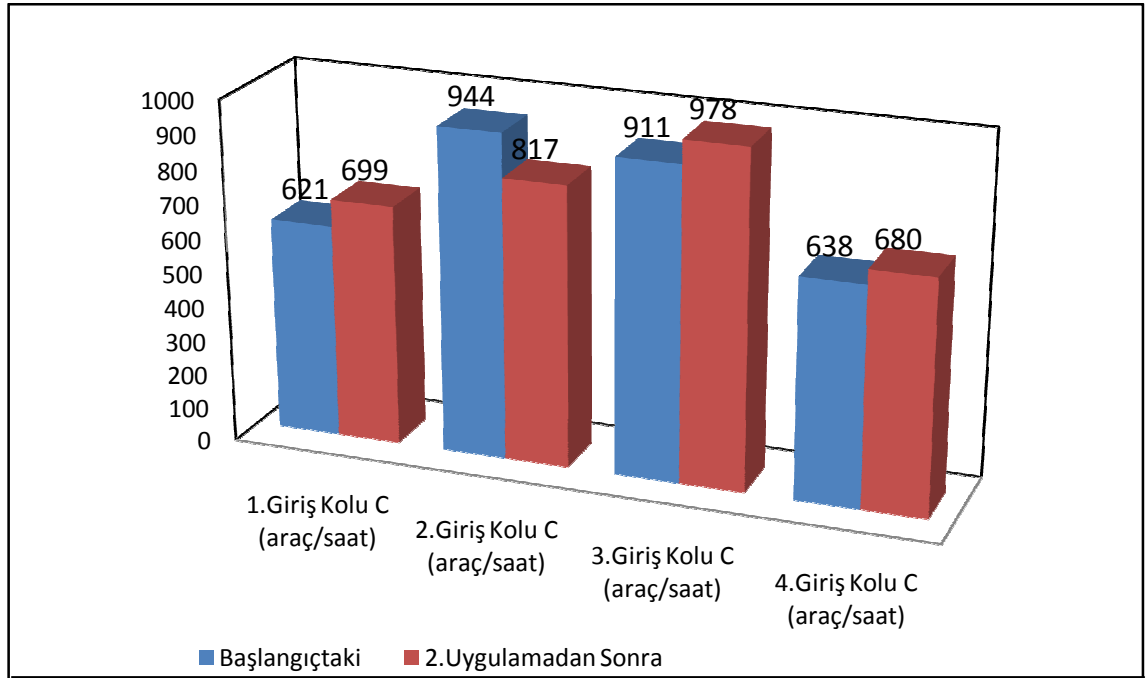
V_{11} , V_3 , V_7 , V_8 ve 2.uygulamadan sonra da ait oldukları kollarda önemli alt trafik akımları olmuşlardır. Ancak V_5 ve V_4 değerleri birbirine yakın değerler almaya devam etmiştir.

Alt trafik akımları belirlendikten sonra kapasite hesapları için V_c değerleri hesaplanmıştır (Tablo 4.8).

Tablo 4.8: 2.Uygulamadan sonra V_c (Sirkülasyon Hacmi) değerleri

1.Giriş Kolu	2.Giriş Kolu	3.Giriş Kolu	4.Giriş Kolu
$V_c = V_4 + V_5 + V_7$	$V_c = V_4 + V_{10} + V_{11}$	$V_c = V_1 + V_2 + V_{10}$	$V_c = V_1 + V_7 + V_8$
V_c (araç/saat)= 187+118+323=628	V_c (araç/saat)= 187+24+244=455	V_c (araç/saat)= 87+114+24=225	V_c (araç/saat)= 87+323+250= 660

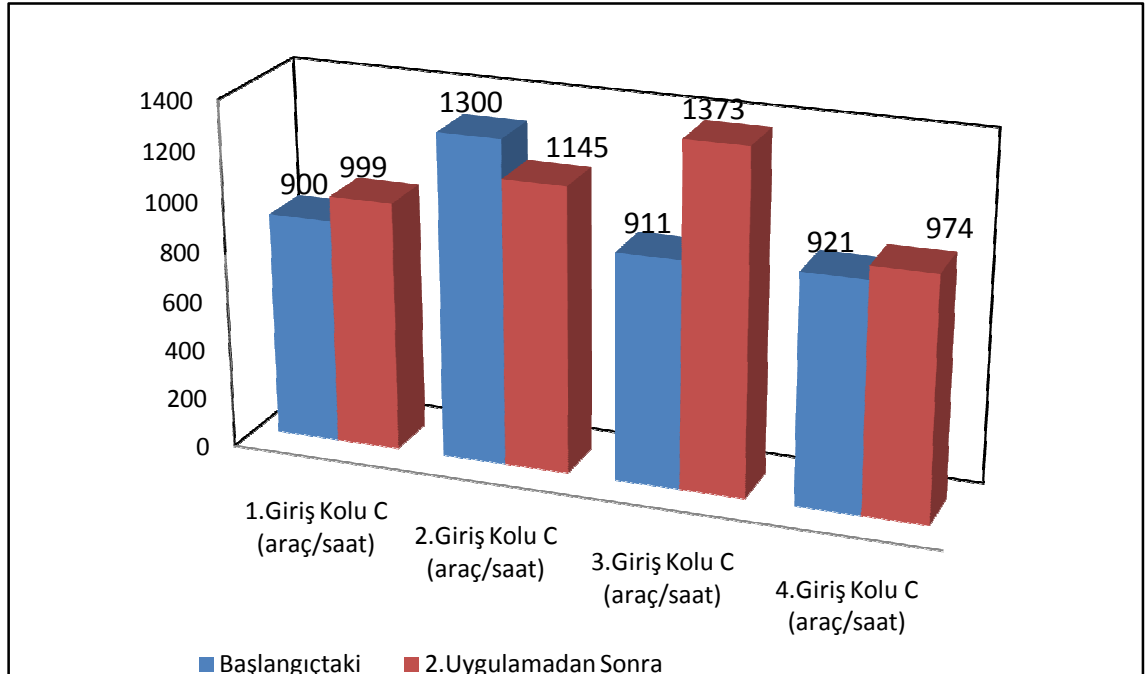
Alt trafik akımları ve her giriş kolu için V_c değerlerinin hesaplanmasından sonra Amerika Kritik Şerit Yöntemi ve Alman Kapasite Analiz Yöntemi'ne göre kapasite hesaplamaları yapılmıştır. Bu hesaplamaların sonuçları ve kapasitelerdeki değişim Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da gösterilmektedir.



Şekil 4.5: 2.Uygulamadan sonra kritik şerit yöntemine göre kapasite değişimleri

Amerika Kritik Şerit Yöntemine göre yapılan hesaplamaların ardından, 1., 3. ve 4. koldaki kapasitenin bu kollara ait sirkülasyon hacimlerinin azalmasından dolayı arttığı, ancak 2. giriş koluna ait kapasitenin kendisine ait sirkülasyon hacminin artmasından dolayı kapasitenin azaldığı hesaplanmıştır.

Amerika Kritik Şerit Yöntemine göre yapılan hesaplamalarda sirkülasyon hacimleri, kollardaki kapasiteyi hesaplarken belirleyicidirler.



Şekil 4.6: 2.Uygulamadan sonra alman kapasite analiz yöntemine göre kapasite değişimleri

Şekil 4.6’de Alman kapasite analizinde de kavşak kollarından 1, 3 ve 4. Kollardaki kapasitenin sirkülasyon hacmindeki azalmaya bağlı olarak arttığı, 2.kolda ise sirkülasyon hacminin artmasına bağlı olarak azaldığı görülmektedir.

v/c değerleri Tablo 4.9 ‘da gösterilmektedir. v/c 2.uygulamadan sonra kapasitelerdeki ve trafik hacimlerindeki değişimlere istinaden farklı değerler alabilmektedir. Ancak trafik hacmindeki azalma olsa da, kapasiteyi etkileyen V_c değeri değişebildiği için, 2.giriş kolunda Kritik Şerit Yöntemine göre artış çok az, Alman Kapasite Analiz yöntemine göre ise artış yoktur.

Tablo 4.9: 2.Uygulamadan sonra v/c değerleri

Giriş Kolu	Amerika Kritik Şerit Yöntemine Göre		Alman Kapasite Analizi Yöntemine Göre	
	Başlangıçta	2.Uygulama Sonrası	Başlangıçta	2.Uygulama Sonrası
	v/c	v/c	v/c	v/c
1.Giriş Kolu	0.73	0.54	0.51	0.37
2.Giriş Kolu	0.78	0.80	0.57	0.57
3.Giriş Kolu	0.88	0.71	0.64	0.52
4.Giriş Kolu	0.72	0.54	0.50	0.38

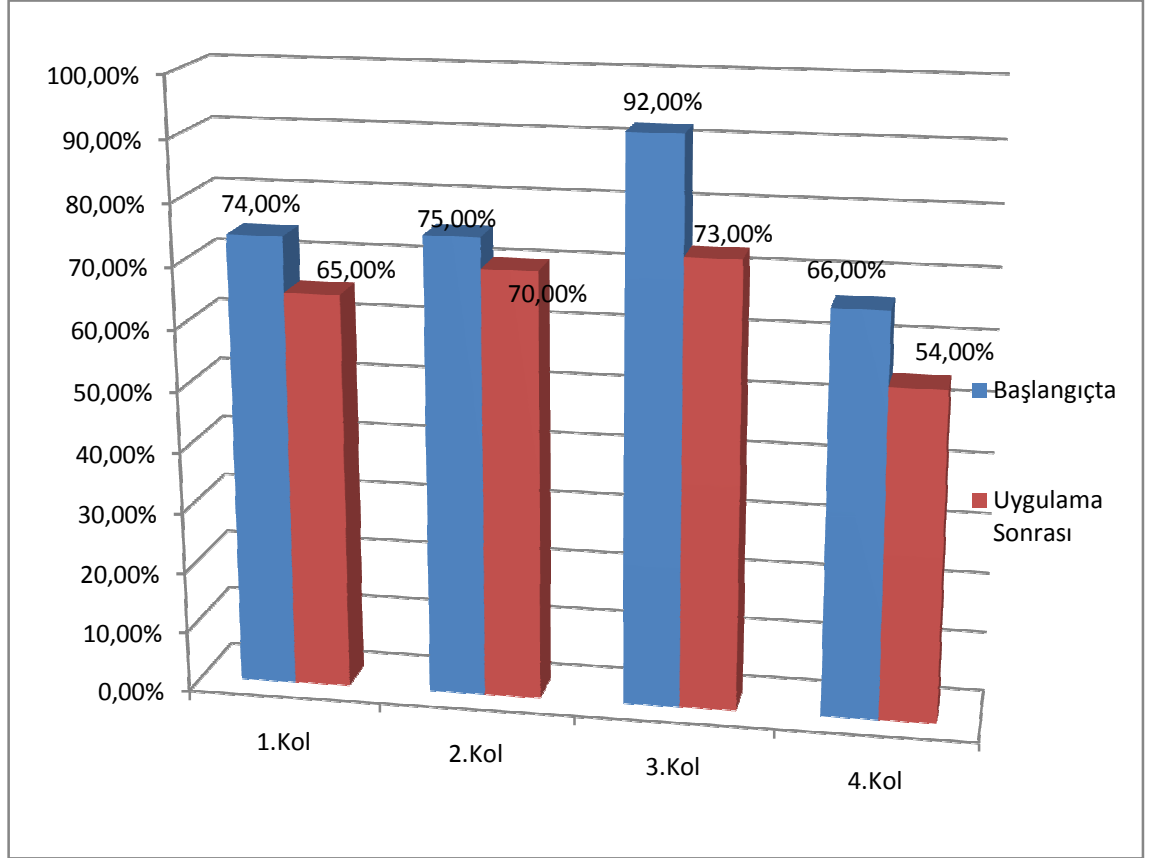
Tablo 4.10: 2. Uygulamadan sonra gecikme süresi ve hizmet düzeyi

A.B.D Kapasite Analizi (Kritik Şerit) Yöntemi)	Başlangıçta		2.Uygulamadan Sonra	
Giriş Kolu	Kontrol Gecikme Süresi(sn/araç)	Hizmet Düzeyi	Kontrol Gecikme Süresi (sn/araç)	Hizmet Düzeyi
1.Giriş Kolu	19.84	C	11.02	B
2.Giriş Kolu	15,87	C	19.50	C
3.Giriş Kolu	24,84	C	12.15	B
4.Giriş Kolu	15.20	C	11.33	B
Alman Kapasite Analiz Yöntemi	Başlangıçta		2.Uygulamadan Sonra	
Giriş Kolu	Kontrol Gecikme Süresi(sn/araç)	Hizmet Düzeyi	Kontrol Gecikme Süresi (sn/araç)	Hizmet Düzeyi
1.Giriş Kolu	8.08	A	5.71	A
2.Giriş Kolu	6.37	A	7.23	A
3.Giriş Kolu	7.79	A	5.56	A
4.Giriş Kolu	7.75	A	5.94	A

Tablo 4.10’da 2.uygulamadan sonra, kapasite, v/c oranlarına istinaden Amerika Kritik Şerit Yöntemine göre hesaplamalarda 1., 3. ve 4. Koldaki hizmet düzeylerinde iyileşme görülmüştür. Ancak bu hizmet düzeylerin bu trafik hacimleri ve alt sirkülasyon hacimleri ile yapılan hesaplamalardan çıkan hizmet düzeyleri dönel kavşağın optimum kullanıldığı ve kural ihlallerinin çok az olduğu durumlarda geçerlidir. Sonuç olarak bu hizmet düzeylerinin sürücülerin kurallara uyduğu anlarda geçerlidir denilebilir.

4.3. ÜÇÜNCÜ UYGULAMA SONRASI KAVŞAK KOLLARINDA KURAL İHLALİ, TRAFİK HACMİ, KAPASİTE VE HİZMET DÜZEYİNDEKİ DEĞİŞİMLER

Üçüncü uygulamada kavşağa 20-30 metre kala orta refüjün sol tarafına “GEÇİŞ ÖNCELİĞİNE UYUNUZ” levhaları her kol için konulmuştur. Sonuç olarak 3.uygulamayla birlikte yatay işaretlemelerle birlikte düşey işaretleme de kullanılmıştır.



Şekil 4.7: 3.Uygulamadan sonra kollardaki kural ihlal değişimleri

Bir önceki uygulama ile 2.koldaki kural ihlalindeki azalma %2, 3.koldaki ise %4 olarak belirlenmiştir. 1. ve 4.kolda ise kural ihlallerinde %2 değerinde bir artış gözlenmiştir. Bunun bu çalışmada gözlemlere dayanarak iki nedeni vardır denilebilir. Birincisi 3.koldan kontrolsüzce kavşağa giren araç sayısı azalmış ve bu nedenle 4.koldaki ve 1.koldaki araçlar kavşağa daha az kontrollü olarak girmeye başlamış olabilir. Bir diğer neden ise çekim yapılan günde sürücülerin içerisinde kurallara riayet etmeyen sürücülerin daha fazla olma ihtimalidir.

Üçüncü uygulamadan sonra yapılan sayımlarda dönel kavşağın kollarındaki ortalama trafik hacimleri ve (Tablo 4.11). Daha sonra yapılan sayımlarla da alt trafik akımları (ileri-düz giden, sağa dönüş ve sola dönüş yapan araçlar) tespit edilmiştir (Tablo 4.12).

Tablo 4.11: 3.Uygulamadan sonra giriş kollarındaki trafik hacimleri (Zirve Saatlerde)

Kavşak Kolu	Başlangıçtaki Trafik Hacmi (araç/saat)	3.Uygulamadan sonraki Trafik Hacmi (araç/saat)	Değişim Yüzdesi (%)
1.Giriş Kolu (V _{KG})	453	389	- 14,12
2.Giriş Kolu (V _{BD})	738	746	+1,08
3.Giriş Kolu (V _{GK})	803	784	-2,37
4.Giriş Kolu (V _{DB})	460	466	+1,30

1.giriş kolunda başlangıçtaki trafik hacmine göre %14,12 oranında azalma gerçekleşmiştir. Ancak kural ihlali yapan araçların yüzdesi ise 2.uygulamaya göre %2 artmış, başlangıca göre %9 azalmıştır. 2.Uygulama sonrasında 1.koldaki trafik hacmi 374 araç/saat'ti, bu değerlere bakarak, çekim yapılan günde trafik talebinin, başlangıçtaki güne göre daha az olduğu söylenebilir.

2., 3. ve 4. koldaki trafik hacimlerinde az da olsa bir artış gözlenmiştir.

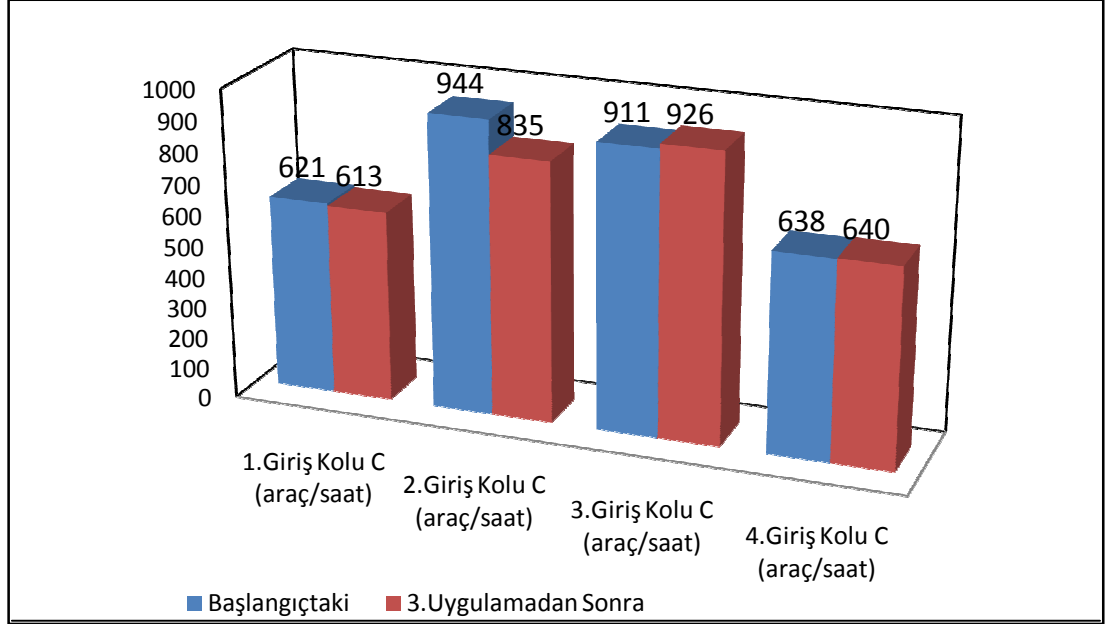
Tablo 4.12: 3.Uygulamadan sonra giriş kollarındaki trafik akımları

1.Giriş Kolu			2.Giriş Kolu			3.Giriş Kolu			4.Giriş Kolu		
Trafik akımı (araç/saat)			Trafik akımı (araç/saat)			Trafik akımı (araç/saat)			Trafik akımı (araç/saat)		
V ₁₀	V ₁₁	V ₁₂	V ₁	V ₂	V ₃	V ₇	V ₈	V ₉	V ₄	V ₅	V ₆
26	242	121	87	203	494	388	251	107	163	223	70

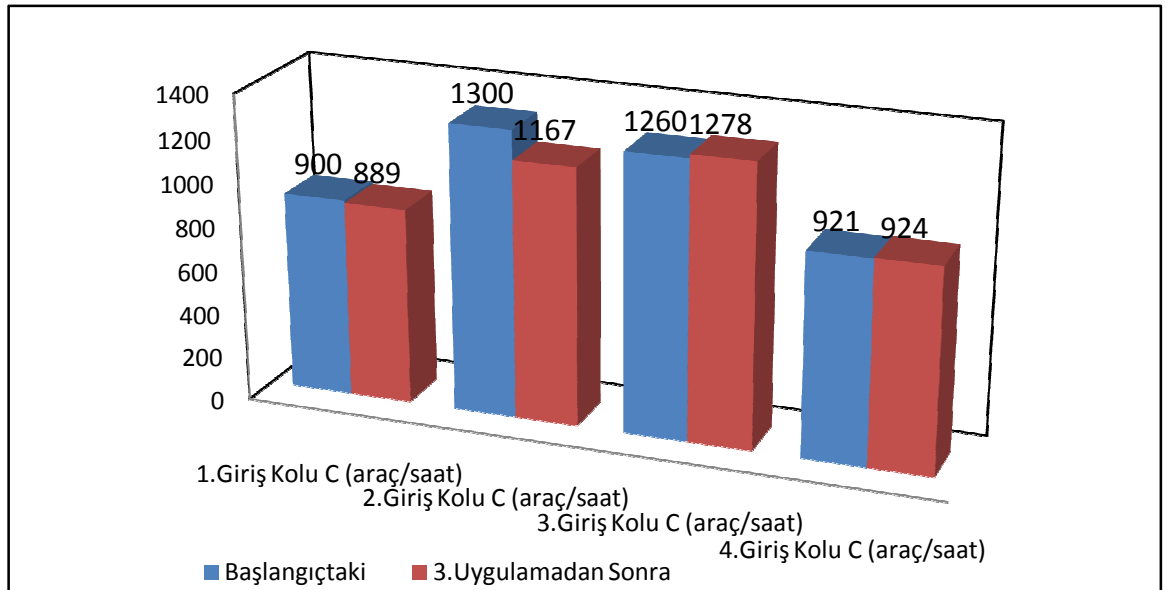
Üçüncü uygulamada alt trafik akımları belirlendikten sonra, V_c sirkülasyon akımları hesaplanmıştır (Tablo 4.13). V_c değerlerinden sonra da Amerika Kritik Şerit Yöntemine ve Alman Kapasite Analizi Yöntemine Göre hesaplamalar yapılmıştır (Şekil 4.8 ve Şekil 4.9)

Tablo 4.13: 3.Uygulamadan sonra V_c (Sirkülasyon Hacmi) değerleri

1.Giriş Kolu	2.Giriş Kolu	3.Giriş Kolu	4.Giriş Kolu
$V_c = V_4 + V_5 + V_7$	$V_c = V_4 + V_{10} + V_{11}$	$V_c = V_1 + V_2 + V_{10}$	$V_c = V_1 + V_7 + V_8$
V_c (araç/saat)= 163+223+388=774	V_c (araç/saat)= 163+26+242=431	V_c (araç/saat)= 87+203+26=316	V_c (araç/saat)= 87+388+251= 726



Şekil 4.8: 3.Uygulamadan sonra kritik şerit yöntemine göre kapasite değişimleri



Şekil 4.9: 3.Uygulamadan sonra alman kapasite analiz yöntemine göre kapasite değişimleri

3.uygulamadan sonra Alman Kapasite Analiz Yöntemi ve Amerikan Kritik Şerit Hesaplama Yöntemine göre yapılan hesaplamalarda yeni bulunan kapasite değerlerinin başlangıca göre çok fazla değişmediği görülmüştür. Bunun sebebi ise sirkülasyon hacimlerinin başlangıç değerlerine yakın değerlerde çıkmasından dolayıdır. Kapasiteler hesaplandıktan sonra yeni v/c değerleri (Tablo 4.14) ve hizmet düzeylerindeki değişim bulunmuştur (Tablo 4.15).

Tablo 4.14: 3.Uygulamadan sonra v/c değerleri

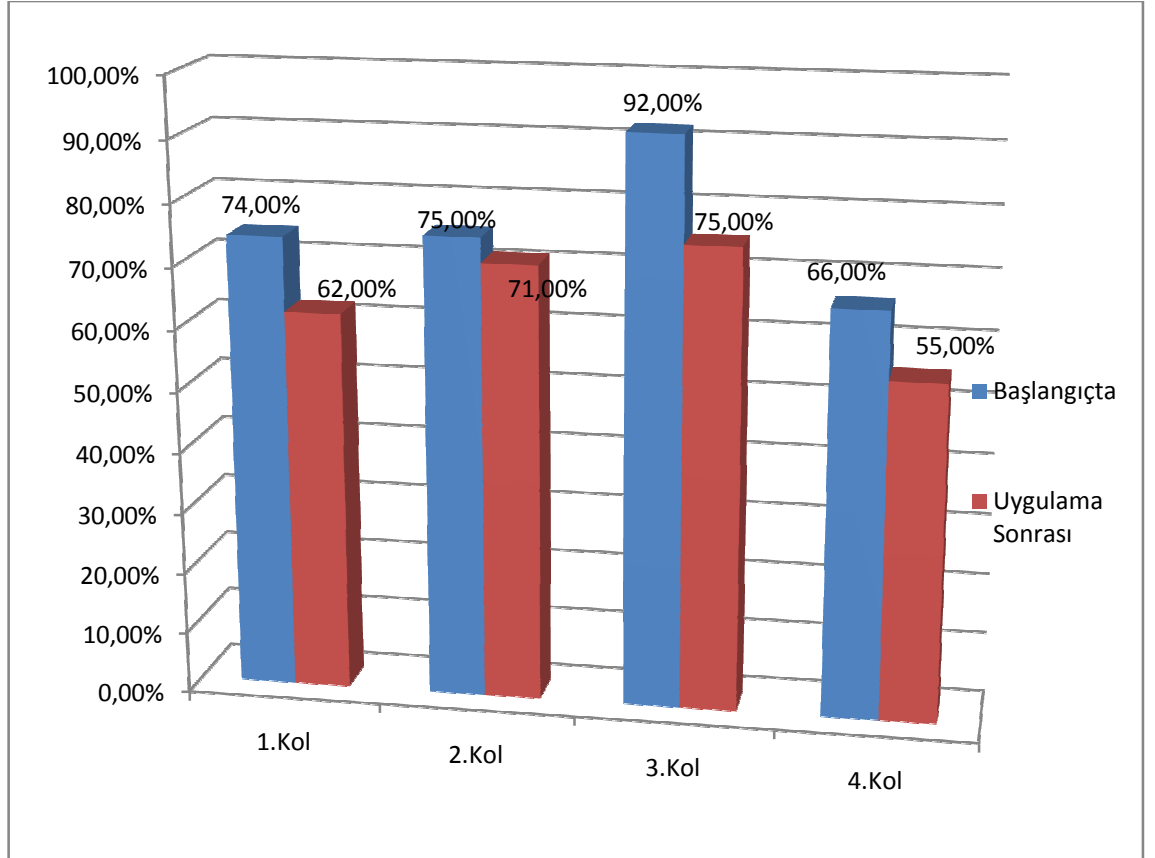
Giriş Kolu	Amerika Kritik Şerit Yöntemine Göre		Alman Kapasite Analizi Yöntemine Göre	
	Başlangıçta	3.Uygulama Sonrası	Başlangıçta	3.Uygulama Sonrası
	v/c	v/c	v/c	v/c
1.Giriş Kolu	0.73	0.59	0.51	0.44
2.Giriş Kolu	0.78	0.89	0.57	0.64
3.Giriş Kolu	0.88	0.89	0.64	0.61
4.Giriş Kolu	0.72	0.73	0.50	0.50

Tablo 4.15: 3. Uygulamadan sonra gecikme süresi ve hizmet düzeyi

A.B.D Kapasite Analizi (Kritik Şerit) Yöntemi	Başlangıçta		3.Uygulamadan Sonra	
Giriş Kolu	Kontrol Gecikme Süresi(s/araç)	Hizmet Düzeyi	Kontrol Gecikme Süresi(s/araç)	Hizmet Düzeyi
1.Giriş Kolu	19.84	C	13.97	B
2.Giriş Kolu	15,87	C	27.93	D
3.Giriş Kolu	24,84	C	25.72	D
4.Giriş Kolu	15.20	C	19.30	C
Alman Kapasite Analiz Yöntemi	Başlangıçta		3.Uygulamadan Sonra	
Giriş Kolu	Kontrol Gecikme Süresi(s/araç)	Hizmet Düzeyi	Kontrol Gecikme Süresi(s/araç)	Hizmet Düzeyi
1.Giriş Kolu	8.08	A	7.19	A
2.Giriş Kolu	6.37	A	8.39	A
3.Giriş Kolu	7.79	A	7.12	A
4.Giriş Kolu	7.75	A	7.73	A

4.4. DÖRDÜNCÜ UYGULAMA SONRASI KAVŞAK KOLLARINDA KURAL İHLALİ, TRAFİK HACMİ, KAPASİTE VE HİZMET DÜZEYİNDEKİ DEĞİŞİMLER

4.Uygulamada, 3.uygulamada “GEÇİŞ ÖNCELİĞİNE UYUNUZ” levhaları kaldırılarak yerine “KAVŞAK İÇİNDEKİ ARACA YOL VER” levhaları konulmuştur. Bu uygulamadan sonra kavşak kollarındaki kural ihlallerindeki değişimler tespit edilmiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10: 4.Uygulamadan sonra kollardaki kural ihlal değişimleri

Dördüncü uygulamadan sonra birinci kavşak kolu hariç diğer kavşak kollarındaki kural ihlallerinde çok az yukarı yönlü hareket görülmüştür. Bir başka deyişle bir önceki seviye korunuyor denilebilir. 3.koldaki araçların bir önceki kavşaktan kümelenmiş halde kavşağa yaklaşmalarının kavşak üzerindeki ve kural ihlallerindeki negatif etkisinden söz edilmişti. 4. Uygulamadan sonra 3 koldan kavşağa yaklaşan araçların kümelenmiş halde gelse bile, kimi zaman araç grubunun önünde bulunan araçların ek trafik işaretlemelerinin etkisiyle yavaşlamaları neticesinde gruptaki diğer araçların da yavaşladıkları gözlenmiştir.

Dördüncü uygulama sonrası video çekimlerinden yapılan sayımlarla kavşak kollarının trafik hacimleri belirlenmiştir (Tablo 4.16)

Tablo 4.16: 4.Uygulamadan sonra giriş kollarındaki trafik hacimleri (Zirve Saatlerde)

Kavşak Kolu	Başlangıçtaki Trafik Hacmi (araç/saat)	4.Uygulamadan sonraki Trafik Hacmi (araç/saat)	Değişim Yüzdesi (%)
1.Giriş Kolu (V_{KG})	453	530	+17
2.Giriş Kolu (V_{BD})	738	655	-11,25
3.Giriş Kolu (V_{GK})	803	707	-11,96
4.Giriş Kolu (V_{DB})	460	531	+15,43

Tablo 4.16'dan 1 ve 4.giriş kolunda trafik hacimlerin arttığı görülmektedir. Daha önceki uygulamalarda da bahsedildiği gibi, birim zamanda kural ihlalinin azalmasına yani araçların kavşağa daha yavaş girmeye başlamasına rağmen trafik hacmindeki artış, çekim yapılan günde kavşaktaki söz konusu kollardaki trafik talebinin başlangıçtan daha fazla olduğu fikrine bağlanmıştır. 4.uygulama sonrası alt trafik akımları da belirlenerek (Tablo 4.17) V_c sirkülasyon akımları (Tablo 4.18) hesaplanmıştır.

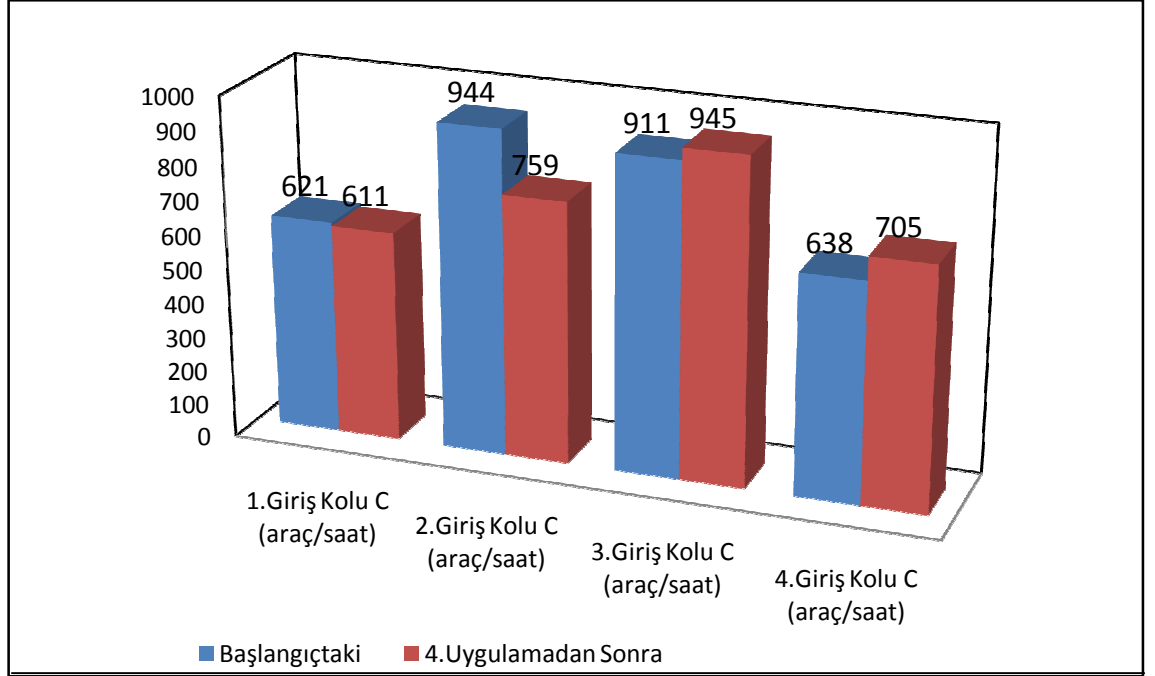
Tablo 4.17: 4.Uygulamadan sonra giriş kollarındaki trafik akımları

1.Giriş Kolu			2.Giriş Kolu			3.Giriş Kolu			4.Giriş Kolu		
Trafik akımı (araç/saat)			Trafik akımı (araç/saat)			Trafik akımı (araç/saat)			Trafik akımı (araç/saat)		
V_{10}	V_{11}	V_{12}	V_1	V_2	V_3	V_7	V_8	V_9	V_4	V_5	V_6
39	349	142	70	184	453	331	217	107	149	297	85

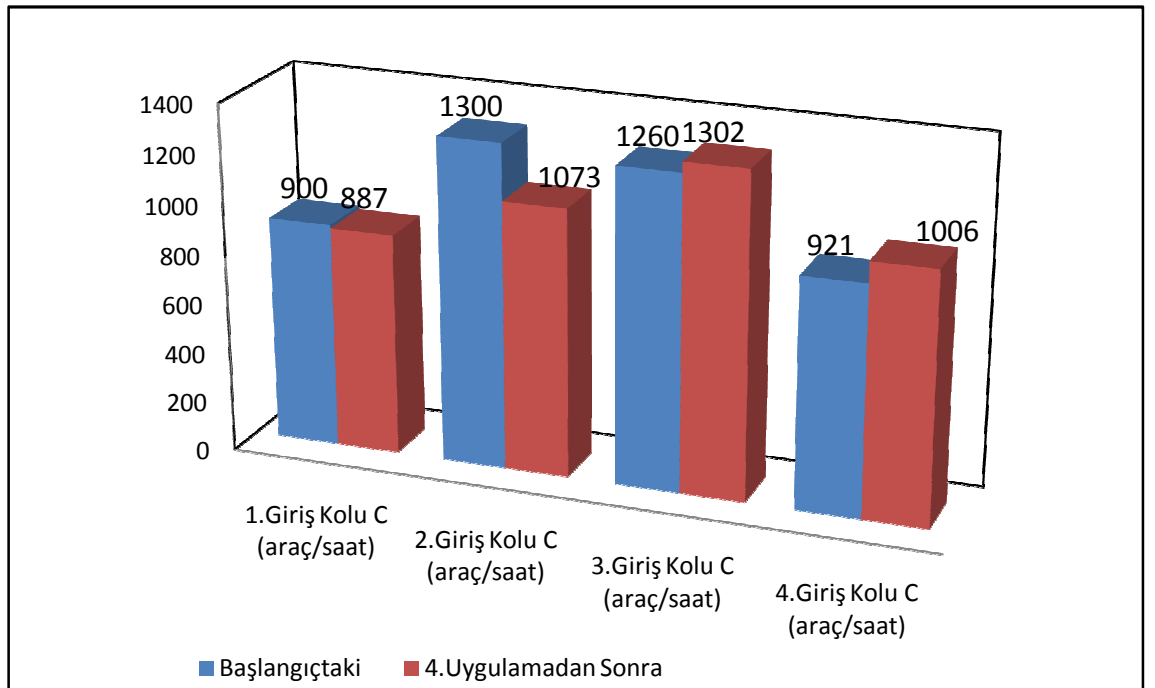
Tablo 4.18: 4.Uygulamadan sonra V_c (Sirkülasyon Hacmi) değerleri

1.Giriş Kolu	2.Giriş Kolu	3.Giriş Kolu	4.Giriş Kolu
$V_c = V_4 + V_5 + V_7$	$V_c = V_4 + V_{10} + V_{11}$	$V_c = V_1 + V_2 + V_{10}$	$V_c = V_1 + V_7 + V_8$
V_c (araç/saat)= 149+297+331=777	V_c (araç/saat)= 149+39+349=537	V_c (araç/saat)= 70+184+39=293	V_c (araç/saat)= 70+331+217= 618

V_c değerlerinin belirlenmesinin ardından kavşak kollarındaki kapasiteler Alman Kapasite Analizi Yöntemi ve Amerika Kritik Şerit Yöntemi'ne göre hesaplanmıştır (Şekil 4.11, Şekil 4.12)



Şekil 4.11: 4.Uygulamadan sonra kritik şerit yöntemine göre kapasite değişimleri



Şekil 4.12: 4.Uygulamadan sonra Alman Kapasite Analiz yöntemine göre kapasite değişimleri

Her iki metotla yapılan hesaplamalardan çıkan sonuçlara bakıldığında, 1., 3. ve 4. Kollardaki kapasitelerin başlangıç değerlerine göre arttığı, 2.kolda ise azaldığı görülebilir. Bu durum kapasitenin arttığı kollardaki V_c değerinin azaldığı, kapasitenin azaldığı kollarda ise azalan kollarda ise V_c değerinin artmış olmasıyla açıklanabilir.

v/c değerleri yeni kapasite değerleri ve trafik hacim değerleri ile hesaplandıktan sonra (Tablo 4.19), kavşak kollarındaki hizmet düzeyi hesaplanmıştır (Tablo 4.20).

Tablo 4.19: 4.Uygulamadan sonra v/c değerleri

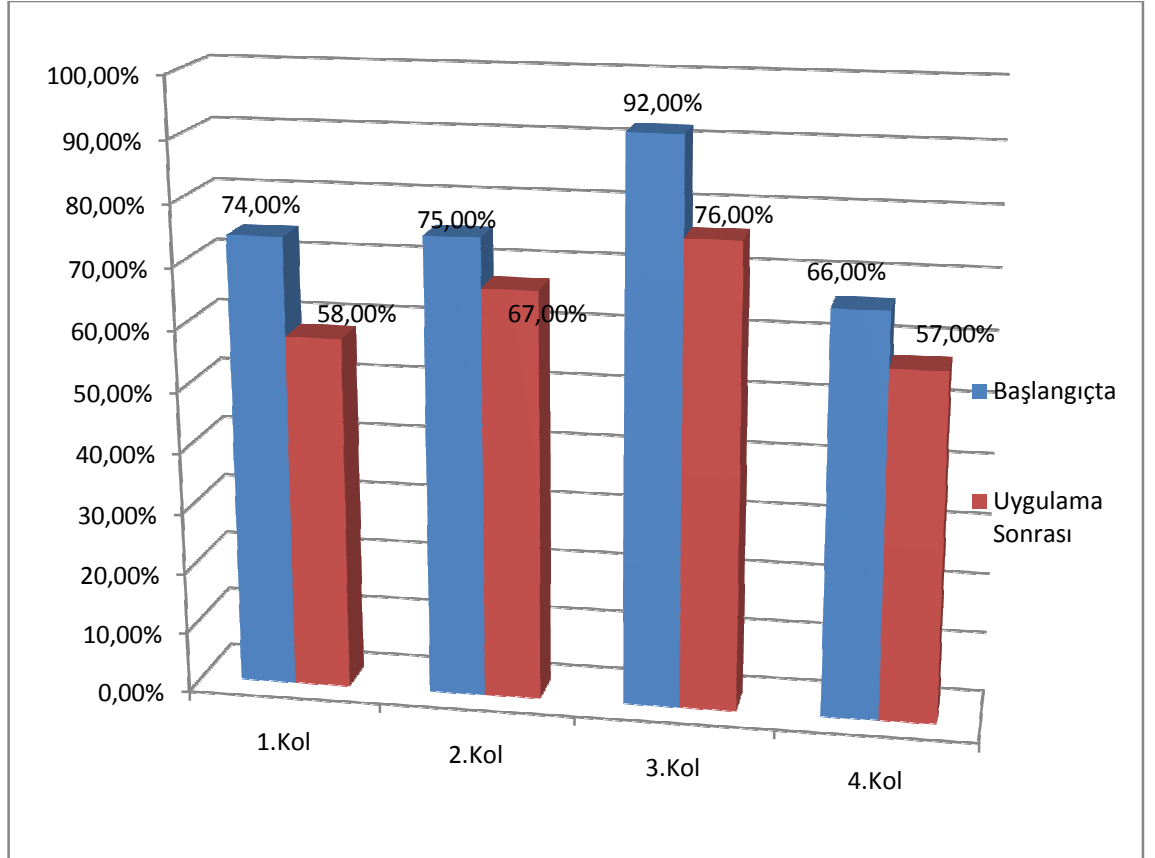
Giriş Kolu	Amerika Kritik Şerit Yöntemine Göre		Alman Kapasite Analizi Yöntemine Göre	
	Başlangıçta	4.Uygulama Sonrası	Başlangıçta	4.Uygulama Sonrası
	v/c	v/c	v/c	v/c
1.Giriş Kolu	0.73	0.71	0.51	0.49
2.Giriş Kolu	0.78	0.91	0.57	0.65
3.Giriş Kolu	0.88	0.70	0.64	0.70
4.Giriş Kolu	0.72	0.57	0.40	0.39

Tablo 4.20: 4.Uygulamadan sonra gecikme süresi ve hizmet düzeyi

A.B.D Kapasite Analizi (Kritik Şerit) Yöntemi	Başlangıçta		4.Uygulamadan Sonra	
Giriş Kolu	Kontrol Gecikme Süresi(s/araç)	Hizmet Düzeyi	Kontrol Gecikme Süresi(s/araç)	Hizmet Düzeyi
1.Giriş Kolu	19.84	C	32.88	D
2.Giriş Kolu	15,87	C	26.42	D
3.Giriş Kolu	24,84	C	14.27	B
4.Giriş Kolu	15.20	C	18.77	C
Alman Kapasite Analiz Yöntemi	Başlangıçta		4.Uygulamadan Sonra	
Giriş Kolu	Kontrol Gecikme Süresi(s/araç)	Hizmet Düzeyi	Kontrol Gecikme Süresi(s/araç)	Hizmet Düzeyi
1.Giriş Kolu	8.08	A	9.95	A
2.Giriş Kolu	6.37	A	8.45	A
3.Giriş Kolu	7.79	A	5.96	A
4.Giriş Kolu	7.75	A	7.54	A

4.5. BEŞİNCİ UYGULAMA SONRASI KAVŞAK KOLLARINDA KURAL İHLALİ, TRAFİK HACMİ, KAPASİTE VE HİZMET DÜZEYİNDEKİ DEĞİŞİMLER

5.Uygulamada, 3.uygulamada “GEÇİŞ ÖNCELİĞİNE UYUNUZ” ve levhaları 4.uygulamadaki “KAVŞAK İÇİNDEKİ ARACA YOL VER” levhaları sırasıyla konulmuştur. Bu uygulamadan sonra kavşak kollarındaki kural ihlallerindeki değişimler tespit edilmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13: 5.Uygulamadan sonra kollardaki kural ihlal değişimleri

Beşinci uygulama ile bu tez çalışmasında ek trafik işaretleme uygulamalarının son aşaması, üzerinde çalışılan dönel kavşağa uygulanmıştır. Bu uygulama da yapıldıktan sonra yatay ve düşey ek trafik işaretlemelerinin tamamını kavşağı kullanan sürücüler görebilmektedirler. Ancak bu ek uygulamalara rağmen, 3. ve 4. kolda bir önceki uygulama sonrası oluşan kural ihlallerinin yüzdesinin az da olsa üzerine çıktığı görülmüştür.

Beşinci ve son uygulama sonrası trafik hacimleri video çekimlerinden yapılan sayımla belirlenmiştir (Tablo 4.21) .

Tablo 4.21: 5.Uygulamadan sonra giriş kollarındaki trafik hacimleri (Zirve Saatlerde)

Kavşak Kolu	Başlangıçtaki Trafik Hacmi (araç/saat)	5.Uygulamadan sonraki Trafik Hacmi (araç/saat)	Değişim Yüzdesi (%)
1.Giriş Kolu (V _{KG})	453	426	-5,96
2.Giriş Kolu (V _{BD})	738	776	+5,15
3.Giriş Kolu (V _{GK})	803	669	-16,68
4.Giriş Kolu (V _{DB})	460	478	+3,92

Trafik hacimlerindeki değişimler ve bu değişimlere trafik talebi ve yapılan uygulamalar nezdinde yapılan yaklaşımlar daha önce verilmişti. Aynı yaklaşımlar ve yorumlamalar 5. uygulamadan sonra tespit edilen trafik hacimleri için de geçerlidir. Trafik hacimlerinin belirlenmesinin ardından, alt trafik akımları da tespit edilmiş (Tablo 4.22) ve V_c değerleri de hesaplanmıştır (Tablo 4.23)

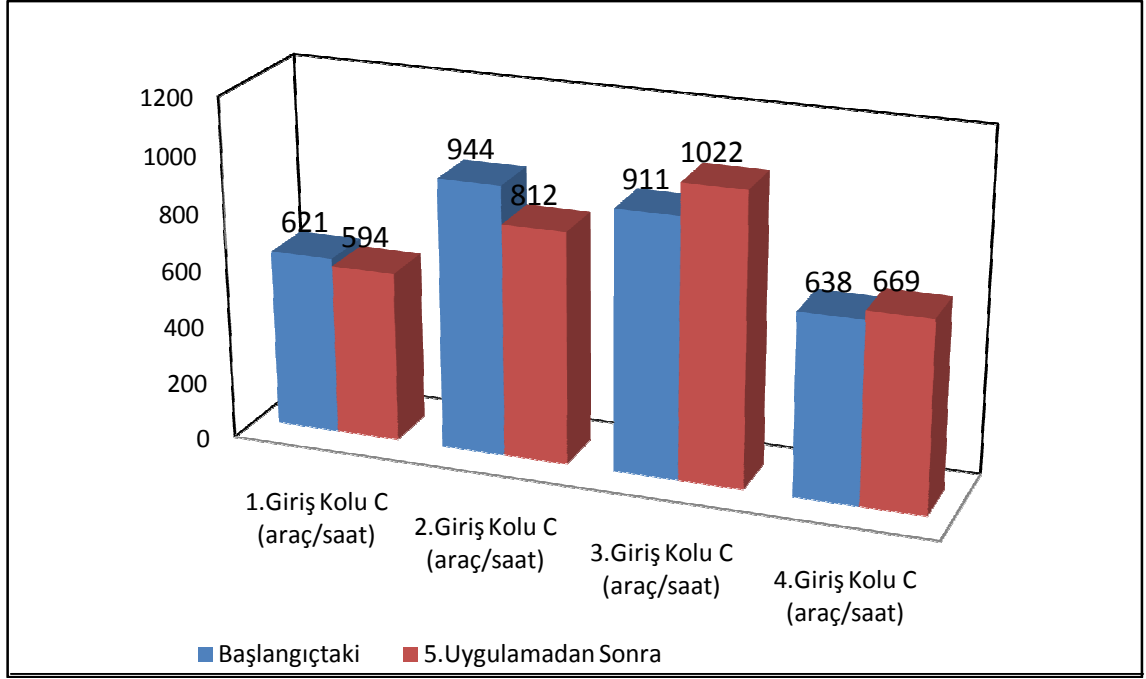
Tablo 4.22: 5.Uygulamadan sonra giriş kollarındaki trafik akımları

1.Giriş Kolu			2.Giriş Kolu			3.Giriş Kolu			4.Giriş Kolu		
Trafik akımı (araç/saat)			Trafik akımı (araç/saat)			Trafik akımı (araç/saat)			Trafik akımı (araç/saat)		
V ₁₀	V ₁₁	V ₁₂	V ₁	V ₂	V ₃	V ₇	V ₈	V ₉	V ₄	V ₅	V ₆
22	315	89	51	133	485	387	238	151	125	296	57

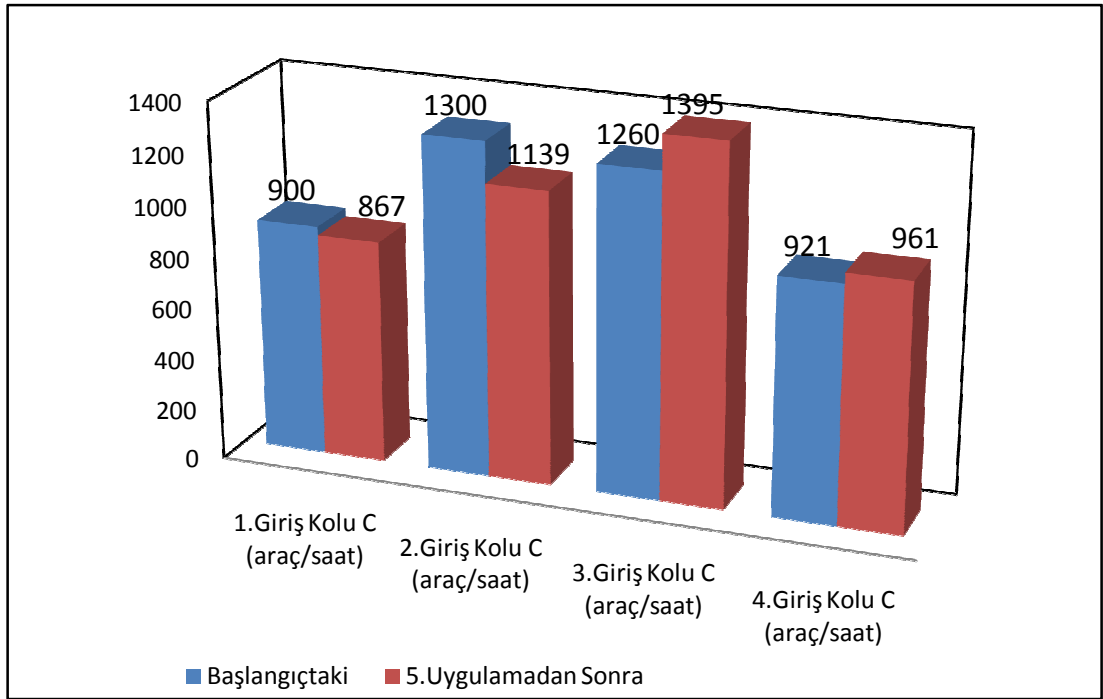
Tablo 4.23: 5.Uygulamadan sonra V_c (Sirkülasyon Hacmi) değerleri

1.Giriş Kolu	2.Giriş Kolu	3.Giriş Kolu	4.Giriş Kolu
V _c = V ₄ + V ₅ + V ₇	V _c = V ₄ + V ₁₀ + V ₁₁	V _c = V ₁ + V ₂ + V ₁₀	V _c = V ₁ + V ₇ + V ₈
V _c (araç/saat)= 125+296+387=808	V _c (araç/saat)= 125+22+315=462	V _c (araç/saat)= 51+133+22=206	V _c (araç/saat)= 51+387+238= 676

Kapasite değişimleri Şekil 4.14 ve Şekil 4.15’deki gibi bulunmuştur.



Şekil 4.14: 5.Uygulamadan sonra kritik şerit yöntemine göre kapasite değişimleri



Şekil 4.15: 5.Uygulamadan sonra alman kapasite analiz yöntemine göre kapasite değişimleri

Kapasite hesaplarında sonra v/c (Tablo 4.24) ve hizmet düzeylerindeki değişim (Tablo 4.25) hesaplanmıştır.

Tablo 4.24: 5.Uygulamadan sonra v/c değerleri

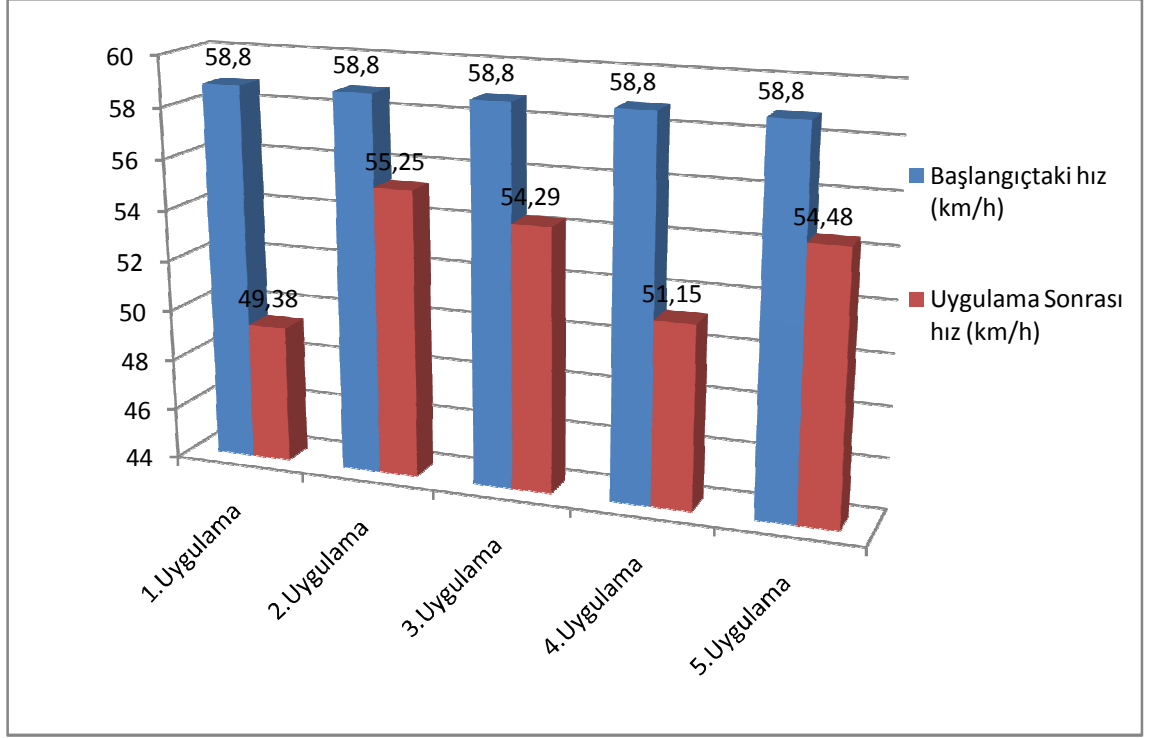
Giriş Kolu	Amerika Kritik şerit Yöntemine Göre		Alman Kapasite Analizi Yöntemine Göre	
	Başlangıçta	5.Uygulama Sonrası	Başlangıçta	5.Uygulama Sonrası
	v/c	v/c	v/c	v/c
1.Giriş Kolu	0.73	0.71	0.51	0.49
2.Giriş Kolu	0.78	0.91	0.57	0.65
3.Giriş Kolu	0.88	0.70	0.64	0.70
4.Giriş Kolu	0.72	0.57	0.50	0.39

Tablo 4.25: 5.Uygulamadan sonra gecikme süresi ve hizmet düzeyi

A.B.D Kapasite Analizi (Kritik şerit) Yöntemi	Başlangıçta		5.Uygulamadan Sonra	
Giriş Kolu	Kontrol Gecikme Süresi(sn/araç)	Hizmet Düzeyi	Kontrol Gecikme Süresi (sn/araç)	Hizmet Düzeyi
1.Giriş Kolu	19.84	C	13.63	B
2.Giriş Kolu	15,87	C	27.22	D
3.Giriş Kolu	24,84	C	9.28	A
4.Giriş Kolu	15.20	C	9.94	A
Alman Kapasite Analiz Yöntemi	Başlangıçta		5.Uygulamadan Sonra	
Giriş Kolu	Kontrol Gecikme Süresi(s/araç)	Hizmet Düzeyi	Kontrol Gecikme Süresi(s/araç)	Hizmet Düzeyi
1.Giriş Kolu	8.08	A	8.07	A
2.Giriş Kolu	6.37	A	9.60	A
3.Giriş Kolu	7.79	A	4.94	A
4.Giriş Kolu	7.75	A	7.43	A

4.2. ÜÇÜNCÜ YAKLAŞIM KOLUNDA HIZDAKİ DEĞİŞİMLER

Üçüncü yaklaşım kolundaki, uygulamalar sonrasında değişen araçların ortalama hızları şekil 4.16'deki gibi hesaplanmıştır.



Şekil 4.16: Uygulamalardan sonra 3.kavşak kolundaki hızdaki değişimler

1. Uygulamadan sonra hızda %16 azalma,
2. Uygulamadan sonra hızda %7 azalma,
3. Uygulamadan sonra hızda %8 azalma,
4. Uygulamadan sonra hızda %13 azalma,
5. Uygulamadan sonra hızda %7 azalma görülmüştür.

3.koldaki ortalama hızın her uygulamadan sonra bir miktar azalması beklenebilirdi. Ancak bu böyle gerçekleşmedi. Bunun birden fazla sebebi olmakla beraber en önemli sebepleri, çekim yapılan günlerdeki trafik talebi, sürücülerin kurallara uyma alışkanlıkları, 3.kolu kullanan sürücü profilleri, 3.kola kümelenme halinde gelen araç sayısının fazla olması ve bu kümelenen araç grubundaki öndeki araçların kavşak içine girerken hız kesmemeleri ve benzeri etkenlerdir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Modern dönel kavşaklarda ana akımdan gelen trafiğin yavaşlatılması, ancak sinyalize kavşaklar gibi durdurulmaması amaçlanmaktadır. Dolayısıyla yol-verme prensibine göre çalışan bu kavşaklarda, sürücülerin kurallara uyması, kavşağın en etkin biçimde kullanılması açısından önemlidir.

Bu çalışmada, üzerinde inceleme yapılan dört kollu dönel kavşağın öncelikle her bir kolu için ayrı ayrı trafik hacimleri belirlenmiş, kapasite hesapları Amerika Kapasite Analiz Yöntemi (kritik şerit yöntemi) ve Alman Kapasite Analizi Yöntemine göre yapılmıştır. Kapasite hesaplarında yaya ve bisikletli trafiği dikkate alınmamıştır.

İki farklı yönteme göre kapasite hesaplarının sonuçlarına bakıldığında, Alman Kapasite Analizi sonuçlarının, Amerika Kapasite Analiz Yöntemi (kritik şerit yöntemi) prensibine göre yapılan hesaplamalardan daha iyimser sonuçların ve v/c değerlerinin çıktığı görülmüştür. Bu da bu iki ülkede trafik hacim değerlerinin, geometrik özelliklerin vb etkenlerin daha farklı değerlendirildiğini gösterebilmektedir. İki farklı yönteme göre ortaya çıkan kapasite sonuçlarından kavşak kolları için hizmet düzeyi hesapları yapılmıştır. Bütün uygulamalar sonrasında Alman Kapasite Analizi sonuçlarıyla yapılan hesaplamalardan çıkan hizmet düzeyi, her seferinde kritik şerit yöntemi sonuçları ile yapılan hesaplamalardan daha iyi bir değerde çıkmıştır. Bazı uygulamalar sonrası mevcut trafik hacminin azaldığı gözlemlenmiştir. Bu da Lemann'ın işaretlemelerin yetersiz olduğu kavşak kollarındaki trafik hacminin daha fazla olduğu ile ilgili yaptığı çalışmaya örnek olabilmektedir.

Çalışılan kavşakta ilk iki uygulamada yatay işaretlemelere öncelik verilmiştir. Sonuç olarak bütün kollarda 2. Uygulama sonrası yatay işaretlemelere olan sürücü tepkilerinin daha iyi olduğu görülmüştür. Uygulamalar sonrası yapılan çekimlerden trafik hacimleri belirlenmiştir. Kural ihlallerinin azalmasına rağmen, birim zamandaki trafik hacminde artışlar da görülmüştür. Bunun sebebi olarak, çekim günlerinde kavşağa olan trafik talebinin fazla olduğu düşünülmüştür. Şu kesindir ki; çekim günlerinde kavşağa olan trafik talebi değişmeseydi, birim zamanda trafik hacmi her kural ihlallerindeki iyileşmeye paralel olarak azalacak ve yapılan işaretlemelerin trafik hacmini düşürdüğü görülecekti.

3., 4. ve 5. uygulamalarda düşey trafik işaretleme uygulamaları kullanılmış, ve sürücüye direkt olarak nasıl davranması gerektiğini anlatan mesajların sürücü üzerindeki etkisi incelenmiş ve sembollerin mi yoksa kendilerine yazı dili ile verilen mesajların mı daha etkili olduğu anlaşılmaya çalışılmıştır. Bu uygulamalardan sonra da kural ihlallerinde azalmalar tespit edilmiştir. Ancak sürücülerin söz konusu uygulamalardan önceki yatay işaretlemelere mi yoksa nasıl davranmaları gerektiğini anlatan levhalara mı riayet ettikleriyle alakalı net olarak bir yargıya varılamasa da sembollerden oluşan yatay trafik işaretlemelerinin daha etkili olduğu söylenebilir. Kesin bir yargıya varılamamasının sürücülerin karakteristik özellikleri, sosyokültürel yapısı, kurallara uyma alışkanlıkları, kavşağa olan trafik talebi, hangi gün çekim yapıldığı v.b. sebeplerinin olduğu söylenebilir.

Uygulamalar yapılmadan önce kavşağın 3. kolundaki ortalama hız hesaplanmış ve uygulamalar sonrasında bu ortalama hızın düşebildiği, sürücülerin ek işaretlemeleri görerek kavşağa yaklaşırken yavaşladıkları tespit edilmiştir. Ancak sürücülerin hızlarını lineer olmasa da giderek azaltmaları beklenmesine rağmen ikinci uygulamada sürücülerin hızı 1.uygulama kadar azalmamıştır.

Bu durumdan sürücülerin zamanla ek trafik işaretlemelerine olan ilgilerinin azalabileceği veya kurallara riayet etmeyen ve hızını düşürmeyen sürücülerin herhangi bir zaman diliminde ortaya çıkabilecekleri de düşünülebilir.

Sonuç olarak uygulamalardan sonra kavşağa gelen araçların kural ihlali yapmalarında azalma sağlanabilmiştir. Ancak işaretlemelere rağmen hızını hiç azaltmadan kavşağa giren, araçlara yol vermeyen, kural ihlali yapan sürücülerin oranı da oldukça fazladır. Bunun birçok nedeni vardır. Ancak trafikte seyreden araç sürücülerinin trafiği ciddiye alarak, kendileri ve diğer sürücüler için sorumluluk hissetmelerinin gerekliliği en önemli nedendir. Amerika Birleşik Devletleri, Birleşik Arap Emirlikleri, İngiltere, Fransa ve Hollanda gibi ülkelerde dönel kavşakları kullanan sürücülerin büyük bir çoğunluğu kurallara uyuyorsa, Ülkemizde de bu durumun gerçekleşmesinin önünde hiçbir engel olmadığı, bunun iyi bir bilinçlenme ve trafik eğitimi ile sağlanabileceği düşünülebilir.

KAYNAKLAR

1. Roundabouts, (2000), *An Informational Guide*, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Virginia, (FHWA –RD-00-067)
2. Yüksel, E., (2007), *Modern Dönel Kavşakların Kapasite ve Trafik Güvenliği Yönünden İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
3. *Karayolu Tasarım Raporu, Ek-2 Modern Dönel Kavşaklar İçin Önerilen Tasarım Esasları*, (2001), Sweroad, Ankara, (1-12),
4. California Department of Transportation, <http://www.dot.ca.gov/dist1/roundabouts/> [Ziyaret Tarihi: 7 Haziran 2012]
5. Reinout van Rees, Personel Website <http://reinout.vanrees.org/thesis/node55.html> [Ziyaret Tarihi: 7 Haziran 2012]
6. Florida Department of Transportation, *Florida Roundabout Guide*, Florida, (Chapter 4, 43), (1996)
7. Tanyel, S., Yayla N., (2010), Yuvarlakada Kavşakların Kapasiteleri Üzerine Bir Tartışma, *İMO Teknik Dergi*, 4935-4958, Yazı 323, (1-24)
8. Tanyel, S., Varlıorpak, Ç., (1998), Yeni Tip Dönel Kavşak Uygulama Örnekleri, *4.Ulaştırma Kongresi*, Maya Basın Yayın, (3-12)
9. Lemke, K., (2010), *The German Highway Capacity Manual HBS 2010*, Capacity Seminar in Stockholm, (slayt 16)
10. Transportation Research Board (National Research Council), (2000), *Highway Capacity Manual*, TRB, Amerika Birleşik Devletleri, 0-309-06681-6
11. Roundabouts Design Standarts, (2004), *A Section Of The Traffic Engineering Policy & Design Standards*, City Of Colarado Springs-Transportation Engineering
12. Lemann, N., Santel, G., (2009), İki Şeritli Dönel Kavşaklar, 9th Swiss Transport Research Conference, 2009, Monte Verita/Ascona, İsciçre, (5-31)
13. Transportation Research Board, (2006), *Proposed Draft Chapter 17, Part C*, Washington, (45-57)
14. KGM-Trafik Güvenliği Dairesi Başkanlığı-Trafik Güvenliği İşaretleme Şubesi Müdürlüğü, (2011), *Trafik İşaretleri El Kitabı 1*, Ankara, (2-162)

15. Yakut, S., (2006), *Trafik İşaretlerinin Algılanabilirliği*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
16. Koyuncu, M., (2005), *Hazır Olma Etkisinin Trafik İşaretleri Bağlamında İncelenmesi*, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü
17. Kalyoncuoğlu, C., (2007), *Yatay Ve Düşey Trafik İşaretlemelelerinde Yeni Malzemeler*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
18. Department For Transport, The Highway Agency, (1997), *Design Manual For Roads and Bridges, Volume 6, Section 2, Part 3, design of road markings at roundabouts*, England, 9780115519949.
19. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Rehberi, <http://sehirrehberi.ibb.gov.tr/map.aspx>
[Ziyaret Tarihi: 24 Nisan 2012]
20. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Rehberi, <http://sehirrehberi.ibb.gov.tr/map.aspx>
[Ziyaret Tarihi: 24 Nisan 2012]

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÇAVUŞ, Hasan Kahraman
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 20.01.1983 Merkez/Zonguldak/Türkiye
Medeni Hali : Evli
Telefon : 0212 450 82 55/ 0532 720 25 90
Elektronik Posta : hkcavus@gmail.com

Eğitim

Derece	Yer	Okul/Üniversite	Mezuniyet
Lise	Alanya	A.Feyzi Aleattinoğlu Lisesi (YDAL)	2001
Üniversite	Gaziantep	Gaziantep Üniversitesi/İnşaat Müh.(İng.)	2008

İş Deneyimi

Şirket/Kurum	Yer	Yıl	Görev
Bilim Makine A.Ş	Gaziantep	2007	Saha Elemanı
Dorçe Holding	B.A.E/Abu Dhabi	2008-2009	Teknik Müh.
İstanbul Büyükşehir Belediyesi	İstanbul	2009- 2012	Teknik Müh.

Yabancı Dil

İngilizce

Hobi ve Aktiviteler

Bilim Teknoloji, İnşaat Mühendisliği- Mimarlık, Tarih, Sosyoloji, Aylık Coğrafi Keşif Dergileri, Doğa yürüyüşleri, gezi ve tanıma keşif amaçlı geziler